المكتبة الثقافية
١٠٩

الغلاف الهوائى

الدكتور محمد جمال الدين الفندى

١٥ مايو ١٩٦٤

اهداءات ٢٠٠٠
المهندس/ راداميس اللقانى
الإسكندرية

المكتبة الثقافية
١٠٩

الغلاف الهوائى

الدكتور محمد جمال الدين الفندى



١٥ مايو ١٩٦٤

توزيع



١٨ شارع سوق التوفيقية بالقاهرة

ت ٥٥٠٣٢ — ٧٧٧٤١

بسم الله الرحمن الرحيم

تمهيد

إن دراسة الغلاف الهوائى من حيث تكوينه ، وامتداده ، وتوزيع العناصر الجوية فيه كدرجة الحرارة والرطوبة والضغط ، وطبيعة الظواهر التى هى من خصائصه كالمطر والعواصف ، وما يحجب عنا من اشعاعات وطاقات تفد من الشمس والنجوم وسائر أرجاء الكون الفسيح كالأشعة الكونية ، ومايدرأ من أخطار الفضاء وأهواله كالنيازك والشهب التى تهوى إلى الأرض بلا هوادة من أعماق الفضاء . . . كل هذه المواضيع كانت ولا تزال أهم ما يشغل بال العلماء وبخاصة فى مستهل هذا العصر الذى نطلق عليه اسم « عصر الفضاء » ؛ وما ذلك بطبيعة الحال إلا لكون الغلاف الهوائى هوالفاصل بيننا و بين الفضاء الكونى الذى يتطلع البشر للسبح فيه بغية الوصول إلى الكواكب القريبة أو البعيدة ، إلى جانب أنه الوسط المادى الذى نعيش فيه .

وإنى إذ أقدم للقارىء فى هذا الكتيب « جاهداً » آخر ما وصل إليه الكشف العلمى فى هذا الصدد ، لم أقصر الفائدة

على أولئك الذين لم تسبق لهم خبرة بهذا الموضوع ، أو على الذين يبغونه كمطالعات علمية ؛ فالكتيب ولا شك مرجع مبسط فى علم الأجواء ، ولا يخلو من الفائدة لكثير من طلبة الدراسات الخاصة فى معاهد الرصد الجوى والطيران والبحرية والزراعة والهندسة واللاسلكى والطب ممن تدخل ضمن برامجهم دراسات مبادئ علم الأجواء ؟

محمد جمال الدين الفندى

مكونات الغلاف الهوائى وطبيعته

الغلاف الهوائى هو المادة أو الغلالة الشفافة التى تحيط بالأرض وتفصل سطحها عن الفراغ الكونى .

ومنذ بدء الخليقة ونحن نعيش على الأرض فى قاع هذا « المحيط » الذى يتركب من مجموعة من الغازات التى لا طعم لها ولا لون ولا رائحة . وأبسط مظاهره — فوق أننا نستنشق غازاته — تأثيره على الأجسام عندما تتحرك أجزاء منه حيث تعرف بالريح فالرياح إذن هى الهواء المتحرك ، وإن تحرك الهواء يبطء سمى نسيما ، ومن النسيم ما هو خفيف ، كما أن منه ما هو منعش أو معتدل . وإن هز الريح فروع الشجر أو أثار الغبار من سطح الأرض سمى نشطاً ، فشديداً ، وقد يصير عاصفاً فى حالة الأنواء والأعاصير . ونحن ربما نكون قد ألفنا سماع أغلب هذه الألفاظ « أو التعبيرات » من نشرات الطقس التى تذاع كل يوم « النشرة الجوية » .

وتتكون الطبقات السطحية من الغلاف الهوائى من خليط من غازى الأوكسيجين والأزوت « أو النيتروجين » بنسبة ٢٠و٩٥ فى المائة إلى ٠٧و٨٧ فى المائة من حيث الحجم على

التوالى ؛ بالإضافة إلى عدة غازات أخرى نسبها ضئيلة جداً تكاد لا تتعدى فى مجموعها ١ فى المائة من حيث الحجم . ومن هذه الغازات ما هو ثابت النسبة عموماً مثل الأرجون والكربتون والأيدروجين و الزينون والهيليوم ، كما أن منها ما تتغير كمياتها حسب الظروف الجوية مثل الهيليوم وبخار الماء .

ويرتبط الحديث عن الغلاف الهوائى ارتباطاً وثيقاً بما يحمل من بخار الماء ، لأن كافة ظواهر الجو ، باستثناء عواصف الرمل ، إنما ترتبط ارتباطا وثيقاً بأبخرة المياه العالقة فى الهواء على هيئة غاز لانراه ، والتى قد تصل نسبتها أحياناً إلى ٤ فى المائة من حيث الحجم . أما علة ثبوت نسب الغازات الأخرى قرب سطح الأرض « إلى علو نحو ١٠٠ كيلو متر مثلا » فأساسها استمرار عمليات الخلط والمزج بين أجزاء الهواء وكتله المختلفة فى الاتجاهين الأفقى والرأسى ، تحت تأثير عوامل الانتشار وتيارات الحمل وهبوب الرياح وانسيابها فى مسالكها العامة والمحلية .

والعجيب أن الإنسان لم يعرف أن الهواء إنما يحمل بين طياته بخار الماء الذى تنشأ عنه السحب والأمطار إلا فى عصر النهضة ، وعذره فى ذلك أنه لايبصر هذا البخار . وكان الفراعنة يظنون أن المطر إنما ينزل من ماء مخزون فى السماء ، وأن البلاد

التى تعتمد على المطر « كبلاد الإغريق » سوف يأتى عليها يوم تموت فيه من العطش ، وذلك عندما ينفد ماء السماء . أما مصر فترتوى من ماء النيل الذى يفيض كل عام من محيط ماء الأرض الذى لا ينضب . وإلى عهد قريب « فى القرون الوسطى » كان الإنجليز يعزون شح المطر إلى ذنب ارتكبته الضفادع ! . فعندما لا تمطر السماء يضربون ضفادعهم المسكينة لينهمر المطر ! ! .

وأول كتاب ربط ارسال الرياح أو هبوبها ليتكاثف بخار مائها — كما سنرى فيما بعد — بإثارة السحب ونزول المطر هو القرآن الكريم الذى يقول فى روعة وجلال فى سورة الروم مثلا : « الله الذى يرسل الرياح فتثير سحاباً فيبسطه فى السماء كيف يشاء ويجعله كسفاً فترى الودق يخرج من خلاله » .

وفى عصر النهضة عرف الإنسان كذلك أن هناك « دورة مائية » ما بين البحار والمحيطات وجو الأرض ، بمعنى أن أشعة الشمس تعمل على تبخير المياه من أسطح المحيطات ، وعندما يحمل الهواء هذه الأبخرة إلى أعلى وتبرد تتحول إلى نقط من الماء أو بلورات من الثلج ، أو هما معاً ، داخل السحب ، ثم لا تلبث أن تنهمر هذه المكونات إلى سطح الأرض وتعود

إلى المحيط من جديد ، إما مباشرة ، أو عن طريق الأنهر أو المياه الجوفيه إلخ . . . وبطبيعة الحال لا سبيل إلى إيقاف هذه الدورة التى تعمل دائبة على دوام نزول المطر وعدم نفاد ماء السماء كما كان يظن الفراعنة مثلا ! . ومرة أخرى يعبر القرآن عن ذلك فى روعة وإعجاز إذ يقول فى سورة الحجر : « ... فأنزلنا من السماء ماءه فأسقيناكمو وما أنتم له بخازنين . »

وعندما نعمد إلى المقارنة بين كثافتى الهواء الجاف وبخار الماء « تحت نفس الظروف من الضغط ودرجة الحرارة » نجد أن بخار الماء اقل وزناً من الهواء الجاف ، وأن النسبة بين كثافتيهما هى ٥ إلى ٨ على التوالى . وهذا هو السر فى إمكان صعود أبخرة المياه إلى أعالى الجو حيث الطبقات التى تتكون فيها السحب .

وربما يعتقد البعض أن السحب عبارة عن مجموعات من بخار الماء ، أو أنها تطفو فى الجو كما تطفو السفن فوق سطح البحر مثلا ، أو يرون فى سبحها عالياً دليلا على انعدام وزنها . أما الحقيقة فهى أن السحب تتثاقل إلى الأرض ، ولها أوزان لأنها مجموعات من نقط الماء أو بلورات الثلج أو منهما معاً

كما سنرى فيما بعد* ، وهى تتساقط كلها بمعدلات مختلفة تحت تأثير جذب الأرض لها ، ولا يعوقها عن السقوط السريع إلا تيارات الهواء الصاعد الذى يثير السحب ذاتها . ولكن عندما تنمو تلك المكونات تنهمر على هيئة مطر أو برد أو ثلج.

ولا يخفى أن غاز الأوكسيجين هو أساس الحياة على الأرض ، إذ تستنشقه الكائنات الحية فيجدد نقاء الدم فيها ويكسبها القدرة على العمل؛ وهو يخرج مع هواء الزفير فى صورة غاز ثانى أكسيد الكربون . ويذوب الأوكسيجين فى الماء (٠ر٤ سنتيمتراً مكعبا منه يمكن أن تذوب فى جرام واحد من الماء فى الأحوال العادية) ، ولذوبانه هذا فى الماء أهمية عظمى إذ تستمد الحيوانات والنباتات المائية ما يلزمها للتنفس من الأوكسيجين المذاب فى الماء .

ويدخل الأوكسيجين أيضاً فى عمليات الاحتراق كافة ، ويكون الأكاسيد ومنها ثانى أوكسيد الكربون ، إلا أن نسبة الأزوت العالية فى الجو تقلل من حدة الأوكسيجين فى جميع

* أى أن مكونات السحب ليست فى حالة الغازية كالبخار ، وإنما فى حالة السيولة أو الصلابة ، مع تشبع جو السحابة تماماً ببخار الماء.

هذه العمليات ، وذلك لأن الأزوت لا يساعد على الاحتراق ، وكأنما تحافظ الطبيعة بذلك على الحد من شدة عمليات الاحتراق على الأرض حفظاً للحياة عليها . أما ثانى أوكسيد الكربون الذى يتكون فى الجو فتمتصه النباتات ثم تعيده إلى الجو أوكيسيجينا خالصاً ، وهكذا تعترى كميات هذا الغاز العالقة فى الهواء سلسلة من التحور الدورى . والمفهوم أن الفحم الحجرى المعروف ما هو إلا من نتاج ما ادخرته النباتات التى انتشرت فى عصور الأرض الوسطى (العصر الكربونى) من ثانى أوكسيد الكربون الذى كان يسود جو الأرض الأول .

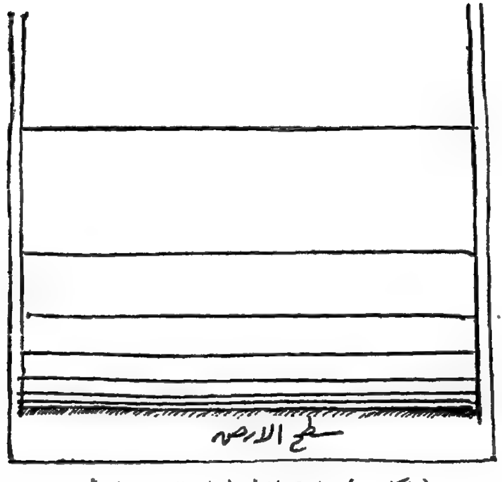
ومن أصناف الأوكسيجين غير النادرة غاز الأوزون ، ويتم تركيبه من الأوكسيجين باتخاذ ثلاث ذرات منه بدلا من ذرتين كالمعتاد ، وذلك بفعل الأشعة فوق البنفسجية التى ترسلها الشمس . والأوزون غاز مطهر ، يساعد على الاشتعال بشدة ، مما يجعل توفره فى بعض الأماكن أو تحت بعض الظروف الخاصة سبباً فى إتلاف بعض الصناعات . وهو أثقل من الأوكسيجين مرة ونصف مرة وأكثر منه قابلية للذوبان فى الماء ، إلا أنه يتحلل ببطء فى درجات الحرارة العادية ويتحول إلى أوكسيجين . وتتغير كمياته على سطح الأرض

تبعا للأحوال الجوية ، وهى تزداد عموما بازدياد خط العرض ، كما تزداد فى الشتاء والربيع وتقل فى الصيف . ويكثر تواجد الأوزون على ارتفاعات تتراوح بين ١٥ و ٥٠ كيلو مترا من سطح الأرض ، داخل طبقة من القشرة الهوائية تعرف باسم « الأوزونوسفير » .

ولما كان الغلاف الهوائى عبارة عن طبقات من الهواء مرصوصة فوق بعضها بعض (شكل ١) نجد أن أكثر الطبقات كثافة وأكثرها تضاغطا هى الطبقات القريبة من سطح الأرض ، حيث يتركز نحو نصف كتلة هواء الأرض بأسره فى الستة الكيلو مترات الأولى ، بينما ينتشر النصف الآخر فى الطبقات التى تعلو ذلك وتمتد إلى مشارف الفضاء الكونى . وبطبيعة الحال يتبع نقص الهواء مع الارتفاع نقص فى كميات الأوكسيجين كذلك ، بحيث إننا إذا ما بلغنا ارتفاعا معيناً* لا يكفى الأوكسيجين الجوى للتنفس ويشعر المرء بضيق

---

* حلق الإنسان على مثل هذه الارتفاعات فى هذا العصر فقط باستخدام المناطيد والطائرات ثم الصواريخ ، وبطبيعة الحال تسلق منذ القدم الجبال العالية ، إلا أنها لم تلهمه إلى ادراك هذه الحقيقة حتى يقررها بمثل هذا الجلاء والوضوح .

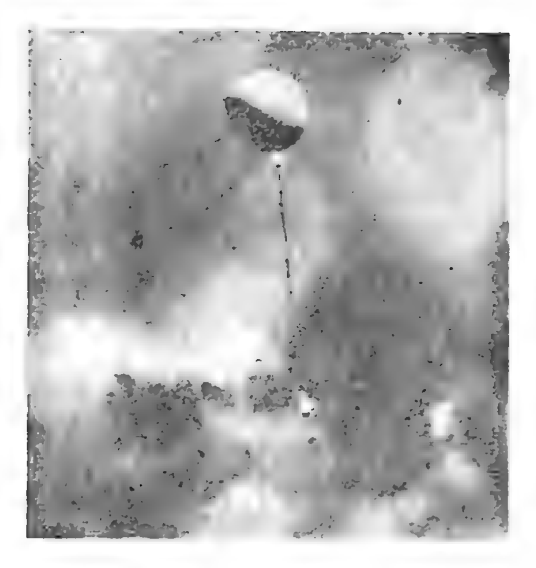


(شكل ١) يمثل تضاغط طبقات الغلاف الهوائى

الصدر والاختناق . وجدير بالذكر أن القرآن هو أيضاً أول كتاب عبر عن هذه الظاهرة ووضحها حين قال فى سورة الأنعام : « . . . . ومن يرد أن يضله يجعل صدره ضيقا حرجاً كأنما يصعد فى السماء » .

ومن أخف مكونات الهـــواء وأندرها وجوداً غازا الإيدروجين والهيليوم ، إلا أن الهيليوم بخلاف الإيدروجين غير قابل للاشتعال ، ولذلك فهو يستخدم فى تعبئة المناطيد التى تحمل البشر إلى أعالى الجو للكشف عن معالمه . وبسبب سهولة الحصول على الإيدروجين من مكوناته بالطرق الكيميائية فإن هذا الغاز الخفيف يستخدم فى تعبئة البالونات التى تحمل أجهزة الرصد الجوى أو أجهزة الراديو سوند - (شكل ٢) التى يتم بواسطتها رصد خصائص أو عناصر الجو العلوى (إلى ارتفاع نحو ٢٠ كيلو مترا مثلا) .

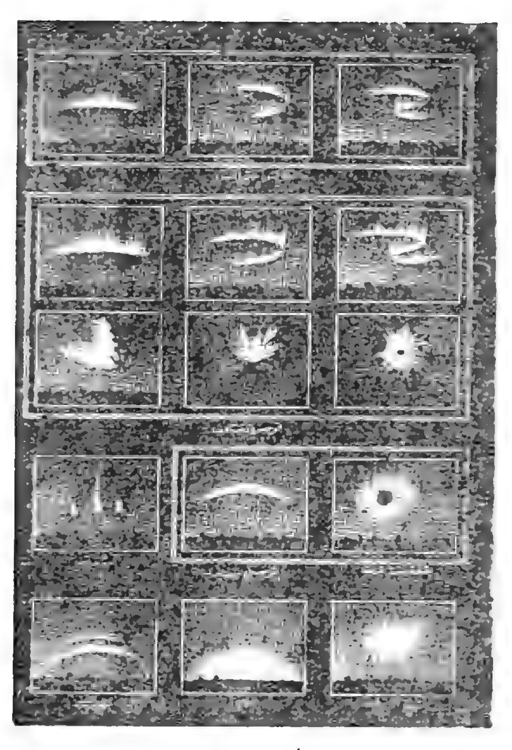
والهواء قابل للانتشار ، ومعنى الانتشار أنه يملأ الفراغ الذى يعرض له وينفذ داخل مسام الأرض . ولهذا السبب نفسه تعتبر نهاية الجو من أعلى غير محدودة تماماً ، فالهواء مهما قلت كمياته فى أعالى الجو يستطيع أن ينتشر فى الفراغ الكونى بحيث لا يمكن تحديد الارتفاع الذى ينعدم فيه تماماً . وهناك



(شكل ٢) البالون يرتفع في الجو حاملا جهاز الراديوسوند

ظواهر طبيعية تدل على وجود الهواء على ارتفاعات شاهقة تزيد على ألف كيلو متر . ومن أهم هذه الظواهر « الفجر القطبي» أو «الوهج القطبي» الذي يسميه الفرنجة «الأورورا»» وهو تفريغ كهربائي في هواء مخلخل قليل الضغط جداً ، كما هي الحال داخل الأنابيب الكهربية المفرغة . ويشاهد الفجر القطبي أكثر ما يشاهد في المناطق القريبة من القطبين بسبب ما يحجزه مجال الأرض المغناطيسي من الأشعة الكونية ، ولهذا أطلق عليه اسم الوهج القطبي، وهو يضيء السماء بأنوار خلابة ، ويتدلى كالستائر ذات الألوان العجيبة ، وله حافة حمراء يتبعها لون أصفر (شكل ٣) ويدل التحليل الطيفي لأضواء «الأورورا» على استمرار وجود الأوكسيجين والأزوت في تلك الطبقات العليا وانعدام الغازات الخفيفة كالايدروجين والهيليوم ، وفسرت هذه الظاهرة على أن تلك الطبقات إما أن تخلو فعلا من الغازات الخفيفة ، أو أن المجال الكهربي هناك لا يكفي لإحداث طيف الإيدروجين أو الهيليوم ، أو أن الغازات الخفيفة سهلة الإفلات أو التسرب إلى خضم الفضاء اللانهائي .

وإذا سمح للهواء بالانتشار ، بأن ازداد حجمه لتقليل الضغط عليه هبطت درجة حرارته من تلقاء نفسها ؛ وعلى عكس ذلك



(شكل ٢) « الأورورا » او الفجر القطبي
(عن كتاب كيف نرقب السماء)

إذا ضغط الهواء وانكمش ارتفعت درجة حرارته من تلقاء نفسها أيضاً على حساب الطاقة الداخلية للغاز ، ولهذا تسمى هذه الظاهرة باسم ظاهرة التبريد أو التسخين الذاتى «الادياباتيكى» ، وهى تلعب الدور الرئيسى فى نشاط الغلاف الهوائى بأسره عندما تتحرك أجزاء منه فى الاتجاه الرأسى ، فالهواء إذا صعد قل الضغط الواقع عليه وانتشر ، وهو إذا هبط زاد عليه الضغط وانكمش ، ويتبع ذلك حتماً تبريده فى الحالة الأولى وتسخينه فى الحالة الثانية من تلقاء نفسه .

ويقدر معامل التبريد الذاتى فى الهواء الصاعد ، أى مقدار النقص فى درجة حرارة الهواء كلما صعد ١٠٠ متر ، بنحو درجة واحدة مئوية لكل ١٠٠ متر إذا لم يصحب صعوده أى تكاثف لبخار الماء الذى يحمله فى صورة مطر ، أما إذا حدث التكاثف بسبب التبريد هذا وما يتبعه من نقص قدرة الهواء على حمل أبخرة المياه فإن المعامل ينقص إلى ٦ و ٠ درجة مئوية لكل ١٠٠ متر ، وذلك نظراً لانطلاق الحرارة الكامنة للبخر فى هذه الحالة . والحرارة الكامنة للبخر هذه هى الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل جرام من الماء السائل إلى بخار ، فإذا تكاثف البخار بعد ذلك انطلقت هذه الحرارة الكامنة ، وهى أصلا ما اكتسبته

مياه البحار والمحيطات من طاقة الإشعاع الشمسى لتتحول إلى بخار .

والتبريد الذاتى هو الطريقة الوحيدة التى تؤدى إلى عمليات التكاثف المستمر فى الجو ، أى تحول أبخرة المياه العالقة فيه إلى نقط من الماء أو بلورات من الثلج ؛ كما هى الحال فى السحب أو الهطول بأنواعه من مطر أو برد أو ثلج تبعاً للظروف الخاصة من درجات الحرارة ومدى انخفاضها تحت الصفر أو نقطة الجليد، وأنواع ما يسمى « نويات التكاثف » التى تتجمع عليها جزيئات بخار الماء عند ابتداء التكاثف، وسوف يأتى تفصيل كل ذلك .

العناصر الجوية

ما يمكن أن نقيسه من صفات الهواء الطبيعية أو نقدره أو حتى نصفه ، بدقة علمية يسمى عنصراً جوياً .

وأهم العناصر التي تحدد طبيعة الهواء في اى موطن هي :

١ — درجة الحرارة .

٢ — درجة الرطوبة ، أى كية بخار الماء التي يحملها الهواء .

٣ — الرياح من حيث الشدة والاتجاه .

٤ — درجة شفافية الهواء ، أو مدى الرؤية .

٥ — الضغط الجوى .

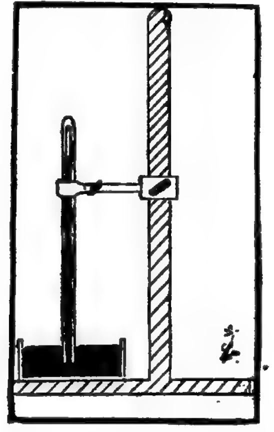
٦ — السحب من حيث أنواعها وكمياتها .

٧ — مقدار الهطول ونوعه من مطر أو برد أو ثلج . .

٨ — الحالة الراهنة للجو من حيث تواجد أو اقتراب أو انتهاء العواصف ، مثل عواصف الرعد أو الرمال أو عواصف الثلج . . .

والغلاف الهوائي كاى جسم مادى على الأرض له وزنه ، أو ضغطه ، ويقدر الضغط الجوى عند أية نقطة بوزن عمود

الهواء المقام على وحدة المساحات (السنتيمتر المربع) حول هذه النقطة والممتد إلى قمة الجو . وكلما بعدنا عن سطح الأرض نقص طول هذا العمود ، وعلى ذلك يقل الضغط الجوى كلما صعدنا إلى أعلى ؛ ويعادل وزن هذا العمود عند أية نقطة فى مستوى سطح البحر وزن عمود من الزئبق طوله ٧٦سنتيمتراً هى طول عمود الزئبق فى المضغط الزئبق أو البارومتر (شكل ٤) .



شكل (٤) المضغط الزئبق أو البارومتر

وتتلخص فكرة عمل البارومتر في أنه إذا ماملئت أنبوبة زجاجية طولها نحو متر ذات طرف واحد مفتوح بالزئبق النقى ، ثم نكس هذا الطرف المفتوح فى حوض به زئبق ، وأخذت الأنبوبة اتجاهاً رأسياً ، فإن قمة الزئبق فيها تهبط حتى تصل إلى ارتفاع نحو ٧٦ سنتيمترا فوق سطح الزئبق الذى فى الحوض ، بينما يبقى أعلى الأنبوبة فارغا أو خالياً من المادة ؛ ويعرف هذا الفراغ باسم فراغ تورشيلى ، العالم الإيطالى الذى اخترع البارومتر ، ويكون وزن عمود الزئبق فى أنبوبة البارومتر مساوياً تماماً للضغط الجوى ، ويتغير تبعاً له .

ويقدر متوسط الضغط الجوى على السنتيمتر المربع الواحد عند سطح الأرض فى مستوى سطح البحر بنحو وزن كيلو جرام واحد (أو وزن ١٠٠٠ جرام ، وهى تساوى نحو ١٠١٣ وحدة لقياس الضغط تسمى ملليبار) ؛ ومعنى ذلك أن الهواء يضغط على كل سنتيمتر مربع من أجسامنا بقوة تعادل فى المتوسط وزن كيلو جرام واحد . ولما كانت مساحة سطح الأرض تعادل نحو ٥ × ١٠^١٨ سنتيمترا مربعا فإن كتلة الغلاف الهوائى بأكمله تعادل نحو ٥ × ١٠^١٨ كيلو جراماً أى خمسة متبوعة بثمانية عشر من الأصفار من الكيلو جرامات!

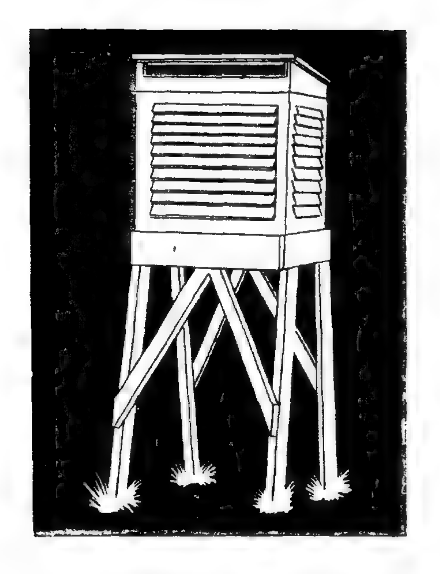
ويهبط الضغط سريعاً إذا صعدنا إلى أعلى ، فعلى علو ٢٢ كيلو مترا نكون قد تخلصنا من نحو ٩٨٪ من وزن الغلاف الجوى بأ كمله ، وعلى علو ١٨٠ كيلو متراً يصل الضغط إلى أجزاء معدودات من عشرة ملايين جزء من قيمته عند السطح .

ولما كانت درجة غليان السوائل ، ومنها الدم ، تتوقف على قيمة الضغط المحيط بها ، بحيث إنه كلما انخفض الضغط قلت درجة الحرارة التى يبدأ عندها السائل فى الغليان ، نجد أنه على ارتفاع ١٩ كيلو متراً فقط — أى تحت ضغط ٤٧ ملليمترا من الزئبق — يغلى الدم فى درجة حرارة الجسم العادية ؛ وهى ٣٧ درجة مئوية ؛ ويؤدى غليان الدم هذا إلى الإغماء السريع الذى يحدث فى مدى لايتجاوز من ١٥ إلى ٣٠ ثانية فقط ! ولهذا يجب أن يعزل رواد الجو العلوى عن الهواء الخارجى داخل مركبات خاصة محكمة الاغلاق يحتفظ داخلها بضغوط عادية مما اعتاده البشر على الأرض .

ويتغير الضغط الجوى على سطح الأرض بتغير الزمان والمكان ، تبعاً لعوامل عديدة منها اختلاف الكثافة باختلاف درجة الحرارة ؛ وكميات أبخرة المياه العالقة ، وطبيعة الحركة ؛ ويتبع هذه التغيرات اختلافات واضحة فى الرياح وشدتها ،

فاختلافات الضغط الجوى من مكان لآخر هى التى تعطى القوة الدافعة للهواء على الحركة . وعندما يهبط البارومتر عموماً — أى يقل طول عمود الزئبق منه — يكون ذلك نذيراً باقتراب العواصف ، كما أنه عندما يرتفع يدل ذلك على تحسن الجو ، أو على الأقل الميل إلى التحسن . وكثيراً مايكتب على البارومترات التى تحملها السفن كلمة اضطراب عند قراءة ٢٩٫٥ بوصة ، وكلمة مطر عند قراءة ٢٩ بوصة ، ومطر غزير عند قراءة ٢٨٫٥ بوصة ، وعاصفة عند ٢٨ بوصة ، رغم أن مثل هذا التقسيم لايلزم أن يتخذ كقاعدة ثابتة دائماً .

أما درجة الحرارة فهى تقاس بترمومترات زئبقية عادية تعلق على حوامل داخل أكشاك خشبية خاصة لا تلجها أشعة الشمس المباشرة ، سهلة التهوية ، جوانبها مصنوعة من الشيش ، وذلك حتى تعطى هذه الترمومترات درجة حرارة الهواء الحقيقية (أى فى الظل) ، وتعرف هذه الأكشاك باسم أكشاك الرصد الجوى شكل (٥) . وبهذه المناسبة نذكر أنه لا يوجد أى معنى لقياس درجة الحرارة فى الشمس ، لأن كل جسم تسقط عليه أشعة الشمس المباشرة يكتسب درجة حرارة خاصة به لا تعتمد على الهواء المحيط به بقدر اعتمادها على طبيعة الجسم ولون سطحه.



(شكل ٥) كشك الرصد الجوى
(عن كتاب فلنسأل رجل الارصاد)

وأكبر عناصر الجو تأثيراً على الإنسان بطريقة مباشرة درجة الحرارة ،ويظهر أثرها عليه أول ما يظهر فى لون بشرته. ولهذا نجد أن أهم مزايا البشرة السوداء الوقاية من الشمس وأشعتها المحرقة التى تتوفر فى المناطق الحارة ، بينما الجلد الأبيض يلائم البرودة والاحتفاظ بما يتولد فى الجسم من حرارة ، أما الأسمر والأصفر والأحمر فهى ألوان متوسطة تلائم المناطق الصحراوية أو المتوسطة الحرارة عموما ، ولمثل هذه المزايا الطبيعية للألوان يرجع السبب المباشر لتنوع أجناس البشر واختلاف ألوانهم وسحنهم ، فهناك فروق ظاهرة بين أجناس البشر التى تجوس خـــلال ثلوج القطب وأهويته الباردة (الاسكيمو) ، والشعوب البيضاء التى تقطن المناطق المعتدلة المطرة ، والعرب السمر المنتشرين من حوض البحر الأبيض المتوسط إلى صحارى الرياح التجارية الجافة الدافئة ، والأجناس السوداء المتغلغلة فى المناطق الاستوائية المطيرة الحارة .

ويقول بعض العلماء (لاعتبارات لا لزوم للتقيد بها) إن أصلح الأجواء للإنسان وأكثرها موافقة له لكى يبلغ إنتاجه حده الأعلى ، ويرتفع مستوى نشاطه إلى الذروة القصوى ، ما تراوحت فيه درجة الحرارة بين ١٥ و ٢٥ درجة سنتجراد

مع رطوبة متوسطة أو مرتفعة قليلا ، على أن تكون الرياح معتدلة خالية من الأتربة والشمس ساطعة ، ومثل هذا هو الجو المثالى الذى يتطلع له الناس بحق ، ويقل فيه توالد الجراثيم وانتشارها ، ومن أمثلته أجواء زيلندة الجديدة وساحل كاليفورنيا وأغلب مناطق البحر المتوسط . ويحلم فريق من العلماء بإمكان التحكم فى الجو ، وتوفير مثل هذه الحالات فى بعض أرجاء الأرض بطرق صناعية تقوم على أساس استخدام الطاقة الذرية .

وفى العادة لا ينجح المهاجرون أو المستعمرون فى هجرتهم ، ولا يستقر بهم المقام ، ولا يهنأ لهم العيش ، إلا إذا كانت هجرتهم إلى مناطق جوها يشابه جو الإقليم الذى نزحوا منه ؛ فسكان أسبانيا مثلا ينجحون فى البرازيل والأرجنتين ، بينما يعانى الأوربيون صنوف العذاب من الإقامة فى افريقيا ؛ والرجل الأبيض عموما لا يصلح لسكنى المناطق الحارة ، وهو فيها يصبح كسولا بمضى الوقت ، وينخفض مستوى نشاطه وتفكيره عن السكان الأصليين ، كما تظهر على ذريته أعراض النقص العظيم فى العقل ، وكثيرا ما يسرف فى شرب الخمور !

ومن العناصر الجوية التى تؤثر تأثيرا مباشرا على جسم

الإنسان ، وتزيد من شعوره بوطأة الحر ، درجة الرطوبة . وفى مصر — بل وفى أغلب الوادى — تزداد رطوبة الجو فى نفس الموسم أو الفصل الذى تزداد فيه درجة الحرارة عموماً أى خلال الصيف ، وخصوصاً فى شهرى يوليو واغسطس ، وهو أيضاً موسم الفيضان . ويظهر تأثير الحرارة والرطوبة معاً على الأجسام أول ما يظهر فى انتشار ذلك الطفح الجلدى المعروف باسم « * حموالنيل » ، وتزداد الوطأة ويشعر الإنسان بالضيق بحلول «زمتة» النيل ، وهى فترة غير قصيرة تسود فيها حالات السكون أو رياح خفيفة مع جو حار رطب مقبض فى أواخر الصيف . وتعزى زيادة الرطوبة . بدرجة غير عادية فى هذه الشهور إلى بعض التغيرات الأساسية التى تحدث فى طبيعة الأهوية التى تنساب إلى شمال الوادى ، إذ يقتصر انتشار بخار الماء المتصاعد من الأسطح المائية المتعددة على طبقة الهواء السطحية التى لايزيد امتدادها رأسيا إلى أكثر من نحو ٥٠٠ متر فى أغلب الحالات ، بينما ينساب من فوقها هواء ساخن جاف . والعلة فى جفاف هذا الهواء العلوى وتسخينه تساقطه أو هبوطه

(*) كما ترتفع أيضا نسبة الجرائم ، وحالات الهياج العصبى ونحوها

بطبيعة حركته من طبقات أعلى منخفضة الضغط نسبيا إلى طبقات أدنى مرتفعة الضغط ، وكما قلنا نجد أن الهواء « كسائر الغازات » إذا زاد عليه الضغط وانكمش ارتفعت درجة حرارته من تلقاء نفسها ، والعكس بالعكس . وتصبح الطبقة الساخنة المتساقطة من أعلى بمثابة الغطاء الذى يحول دون تسرب أغلب أبخرة المياه التى فى الطبقة السطحية إلى أعلى ، وهكذا تتراكم الرطوبة وتزداد بشكل ظاهر فى الجو السفلى ، وقد تصل إلى درجة التشبع ، ويصحب هذه الظاهرة أيضاً تعدد حالات تكوين السحب المنخفضة فى الصباح وأثناء الليل ؛ وقد تهبط قواعد هذه السحب عند شروق الشمس فتصل إلى سطح الأرض فى كثير من بقاع الدلتا حيث تتعذر الرؤية وتصبح حالة الجو خطرة على الطيران من هذه الناحية .

وفى العادة تقاس درجة الرطوبة باستخدام « الترمومتر المبلل » ، وهو ترمومتر عادى ، على خزانه قطعة من القماش الندى بالماء من حوض خاص صغير معد لهذا الغرض ويعطى هذا الترمومتر درجات من الحرارة أقل من درجات حرارة الترمومتر الجاف المخصص لتعيين درجة حرارة الهواء ، ويمكن بواسطة تعيين الفرق بين درجتى حرارة الترمومتر المبلل

والترمومتر الجاف أن يحسب درجة رطوبة الهواء من جداول خاصة شائعة الاستعمال فى محطات الرصد الجوى ، وهناك أجهزة عديدة علمية لتعيين الرطوبة بطرق مريحة ، ومن اللطيف أن يعود طلبة المدارس الثانوية على رصد عناصر الجو فى مدارسهم كل يوم ، لأن ذلك يزيد من مقدرتهم على فهم علم الفيزياء ، كما يربى ملكة حب الاستطلاع ، وفى كثير من الأمم توجد جماعات من هواة الرصد الجوى تظل ترصد عناصر الجو فى مزارعها أو حقولها خلال عشرات السنين وتتبرع بارسالها إلى إدارات الارصاد إلى آخر أيام حياتها . ومثل هؤلاء جديرون بالتكريم .

والمعروف أن الانتاج البشرى فى أية بيئة يبلغ أقصى معدلاته عندما تتساوى كميات الحرارة المتولدة داخل الجسم الحى مع الحرارة التى تفقد عند سطحه الخارجى بطرق التبريد المختلفة ، مثل توصيل البرودة من الجو إلى سطح الجسم مباشرة بالملامسة ومثل حمل الحرارة الزائدة مع الدورة الدموية من داخل الجسم إلى خارجه حيث يتم تسربها إلى الجو وفقدها فيه ، ومثل

التبريد بافراز العرق وتبخيره ؛ وتتضمن هذه العملية الأخيرة فقد كميات كبيرة من حرارة الجسم فى البيئات الحارة غير الرطبة إذ أن السنتيمتر المكعب الواحد من العرق يستنفذ أكثر من ٦٠٠ سعر حرارى لتبخيره فى درجات الحرارة العادية ، ويزداد معدل افراز العرق بواسطة الغدد العرقية بازدياد درجة حرارة الجو وأثناء القيام بأعمال عضلية ، أما فى البيئات الرطبة فإن رطوبة الجو تحول دون تبخر العرق ، ويبقى عامل التبريد هذا معطلا . وإذا ما توفرت الحرارة والرطوبة معاً فان درجة حرارة الجسم يمكن أن ترتفع رغم افراز العرق بحيث تعلو حثيثا فوق درجة ٣٧ سنتجراد ، وعندها يهبط اندفاع الدم تدريجيا ، وتزداد ضربات القلب ، ويصاب الإنسان بالحمى ، حتى إذا ما وصلت درجة حرارته حدود ٤٢ درجة سنتجراد تعرض لضربة الشمس القاتلة حتى ولو لم يكن معرضاً لأشعتها المباشرة « أى فى الظل » ، وهنا يجب المبادرة بتبريد الجسم بطرق صناعية .

وفى حالات الجو العادية عندنا يشعر الجسم العارى تقريبا بالراحة التامة فى درجات من الرطوبة متوسطها ٥٠ ٪ مثلا

من حالة التشبع إذا كانت درجة حرارة الهواء ٣٠ درجة سنتجراد ، حيث تصل متوسطات درجات حرارة الجلد إلى نحو ٣٣,٥ درجة سنتجراد ، بينما تشعر الأجسام المغطاة بالملابس العادية بالراحة إذا ظلت درجة الحرارة تتفاوت بين ٢٧ درجة و ٢٨ درجة سنتجراد ، حيث تصل متوسطات درجات حرارة الجلد إلى نحو ٣٣,٥ ايضا ، وكلما ارتفعت درجة رطوبة الهواء فوق ٥٠ ٪ كلما قل الشعور بالراحة ، وبخاصة إذا وصلت الرطوبة إلى ٨٠ ٪ من حالة التشبع حتى فى الأجواء الباردة . وليس معني ذلك أن الهواء الجاف تماما أحسن حالا ، فإن الفترات القصيرة من الجو الجاف تنشط الإنسان ، إلا أن دوام التعرض للاجواء الجافة يسبب آلام الرأس « الصداع » .

ومن العناصر التى تساعد على تبريد الجسم أو تبخير العرق الرياح ، وفى العادة لا يتم الشعور بالراحة فى المناطق الحارة عندما يسكن الهواء ، إذ تقل قوة التبريد ، وهى تقاس عادة بجهاز خاص يطلق عليه اسم « ترمومتر كاتا » .

ومهما يكن من شيء فقد قسمت الأجواء المختلفة تبعاً لقوة التبريد « مقدرة بالسعر الحرارى فى الثانية لكل سنتيمترمربع من السطح للعرض » ، إلى الأنواع المبينة فى الجدول رقم (٣) .

قوة التبريد « سعر »	نوع الجو
من ٠٠,٠ إلى ٠٥,٠	حار ولا يحتمل غالبا
من ٠٥,٠ إلى ١٠,٠	يبعث على الخمول غالبا
من ١١,٠ إلى ٢٠,٠	منعش ولطيف
من ٢١,٠ إلى ٣٠,٠	بارد ومنشط
من ٣١ إلى ٤٠,٠	بارد ولا يحتمل

جدول رقم (٢) قوة التبريد فى الأجواء المختلفة

هذا ومن الضرورى أن تزيد قوة التبريد فى المصانع على ١٠,٠ سعر ، وفى المكاتب على ١٥,٠ سعر ، وإلا كان من اللازم استخدام المراوح كوسيلة من وسائل التبريد الصناعى فى الصيف ، وهى بذلك لا تعتبر ضربا من ضروب الكماليات التى لا لزوم لها كما قد يتطرق إلى الأذهان .

ويمكن تلخيص الفائدة من رصد عناصر الجو فيما يلى : —

أولا : ترصد عناصر الجو فى ساعات معينة كل يوم فى كافة انحاء الأرض بواسطة محطات الرصد الجوى ، ثم يذيع كل قطر أرصاده التى جمعها على شفرة دولية بواسطة اللاسلكى لتلتقطها الاقطار الأخرى ، ومن ثم توقع الأرصاد على خرائط خاصة

هى خرائط الطقس التى تظهر حالة الجو الفعلية على مساحة واسعة من سطح الأرض . وعندما تدرس التغيرات الجوية التى تطرأ من ساعة إلى أخرى ، أو من يوم إلى آخر يمكن استنباط أسباب هذه التغيرات وتفسيرها علميا ، وكذلك تحديد العوامل التى تؤدى إلى حدوث ظاهرة معينة كعواصف الرعد وعواصف الرمال والمطر الخ . . . . وهذه هى الفكرة الأساسية فى التنبؤ الجوى ، الذى يعتبر من أهم أهداف دراسات الغلاف الهوائى دراسة علمية سليمة .

ثانيا : يمكن حساب متوسطات هذه العناصر فى كل محطة أو اقليم لكل شهر أو فصل من فصول السنة ، ومن ثم يمكن تحديد مناخ هذا الاقليم وخواصه الجغرافية بالأرقام .

ثالثا : يحدث أن يعزو بعض الناس طائفة من الحوادث العامة إلى الجو : مثل الحريق بسبب شدة الرياح أو عظم ارتفاع الحرارة ، ومثل التصادم بسبب انتشار الضباب وانعدام الرؤية ، ومثل الشجار بسبب شدة وطأة الجو والرطوبة . . . الخ

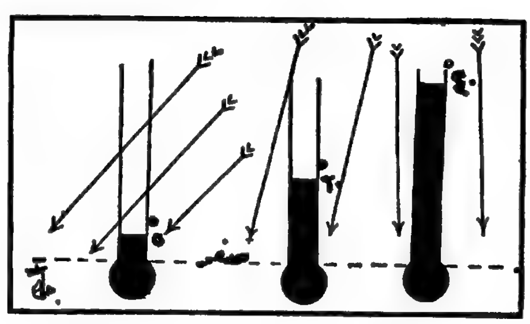
ففى إحدى دور القضاء بالقاهرة قدم أحد أصحاب السيارات للمحاكمة بتهمة ارتكاب حادث فى الطريق الزراعى نتيجة لزيادة السرعة ، إلا أنه ادعى أن السبب إنما يرجع إلى الضباب

الذى حال دون رؤية الأشياء بوضوح . وادعى أحد التجار أمام احدى محاكم الاسكندرية أن بضاعته قد تلفت بسبب انهيار المطر وطلب التعويض من المسئولين لاهمالهم فى نقل البضاعة : مثل هذه الأمور كلها تحال إلى المختصين من رجال الرصد الجوى لاظهار الحقيقة ، وذلك مما جمعوا من أرصاد مهما تقادم عليها العهد وظن الناس أن أمرها قد فات وأن معالمها قد اندثرت ولاسبيل إلى الرجوع إليها بحال من الأحوال .

دورة الرياح العامة

إذا درسنا متوسطات العناصر الجوية خلال فترات طويلة لمحطات الرصد المختلفة على الأرض وجدنا أنها يمكن أن توزع فى صورة بسيطة مفهومة ، كما أنها ترتبط بعضها البعض : فالتوزيع العام لدرجات الحرارة يتبع الوضع الظاهرى للشمس التى هى مصدر الحرارة فى جو الأرض بأسره؛ ويتبع توزيع الضغط على الأرض إلى حد كبير توزيع درجات الحرارة التى تتحكم فى كثافة الهواء ، بحيث يقل الضغط الجوى عموما حيثما ترتفع درجة الحرارة ويزداد حيثما تنخفض . أما توزيع الرياح فى صورة دورة عامة فهو بدوره يتبع توزيعات الضغط الجوى .

ومن البديهى أن تتواجد درجات الحرارة العظمى فى المناطق الاستوائية حيث تكاد تتعامد أشعة الشمس طوال العام ، فكلما تعامدت الأشعة على سطح الارض ازدادت درجة حرارة الهواء والعكس بالعكس كما هو مبين فى شكل (٦) ؛ على أنه نظرا



(شكل ٦) اختلاف درجة حرارة الهواء باختلاف
زاوية ميل الاشعاع الشمسى

لاختلاف طبيعة الماء واليابس(*) نجد أن سطح البحر يكون فى فصل الشتاء أسخن أو أدفأ من سطح اليابس الذى يجاوره

(*) يستفيد اليابس بما يمتصه من أشعة الشمس خلال قشرة رقيقة جدا بسبب عدم شفافيته ، ولهذا ترتفع درجة حرارته سريعا أثناء النهار ؛ أما الماء فهو شفاف نسبيا لأشعة الشمس ، ولذلك نجدها تنفذ عبر طبقات سميكة منه وتوزع خلالها ؛ كما تعمل تيارات الحمل فى الماء على نقل الحرارة المكتسبة إلى مسافات كبيرة ؛ كل ذلك بالاضافة إلى كبر الحرارة النوعية للماء بالنسبة لليابس (١ إلى ٢ و . تقريبا) واستغلال بعض الطاقة فى عمليات البخر ، يجعل الاسطح المائية بطيئة الاستجابة للتغيرات الحرارية .

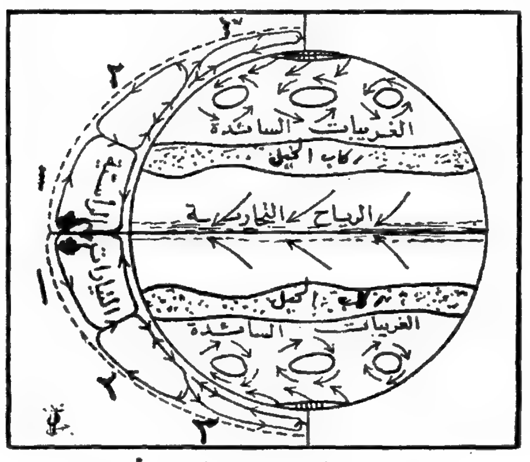
وأبرد منه فى فصل الصيف عموماً ، ولهذا فإن أصغر درجات الحرارة التى ترصد فى جو الأرض قاطبة تتوفر فى شهر يناير ، ولكن ليس فى مناطق القطب الشمالى حيث تلتقى ثلوج المحيطات، بل فى شمال سيبيريا حيث تنخفض درجة الحرارة إلى ٧٠ تحت الصفر من الدرجات المئوية . ولهذا السبب نفسه يعتبر القطب الشمالى الحرارى هو أواسط سيبيريا وليس القطب الجغرافى المعروف . ويمكن أيضا أن نتبين الفروق بين طبيعة اليابس والماء إذا عرضنا ذلك التباين المناخى الواضح بين منطقتى القطبين الشمالى والجنوبى : فالقطب الشمالى بحر شبه مقفل تقريبا فى حين أن القطب الجنوبى قارة يابسة (قارة الجنوب) يحيط بها المحيط عن كثب ، ولهذا نجد القارة الجنوبية شديدة البرودة ، جرداء تغطيها الثلوج طول العام وقلما ترتفع فى أطرافها درجة الحرارة فوق الصفر المئوى ، ولا تنمو على صخورها المكشوفة للرياح العاصفة سوى الطحالب والفطريات ، وتنعدم فيها الثدييات الأرضية ، ولكن توجد بعض أنواع الطيور وبعض الحشرات المجهرية ؛ أما منطقة القطب الشمالى فعلى النقيض من ذلك ، ترتفع على أطرافها درجة الحرارة فى الصيف حتى تصل إلى منسوب يكفى لنمو بعض النباتات ، فتظهر أنواع من التاندورا ومجاميع

شتى من الزهور ، وكلما توغل المحيط إلى الشمال عمل على تلطيف الجو .

أما درجات الحرارة العظمى فتتواجد فى الصيف داخل القارات ، فتكون مثلا منطقة صحراء أفريقيا الكبرى إلى صحراء العرب حزاما يكاد يكون متصلا ومقفلا على درجات من النهايات العظمى التى تصل فى بعض المناطق إلى ٥٠ درجة مئوية أثناء النهار فى الظل ، فيما يعرف باسم (خط الاستواء الحرارى) .

ومهما يكن من شىء فانه من البديهى أن يتبع تسخين الهواء وتمدده باستمرار عند خط الاستواء أو حوله تكوين منطقة أو حزام من الضغط الخفيف يكاد يمتد حول الأرض كلها ويعرف باسم « منطقة الركود » . ومن الطبيعى أن تتجمع أهوية مختلفة الصفات تجاه هذه المنطقة ذات الضغط الخفيف ، وتهب نحوها فى صورة تيارات هوائية عظمى هى الرياح التجارية ، ثم لا يلبث هذا الهواء أن يرغم على الصعود بسبب التجمع فى صعيد واحد فتنشأ الأمطار الغزيرة عند خط الاستواء ، كما يفيض الهواء الصاعد فى الطبقات العليا ويتجه نحو المدارين حيث يتساقط ويغذى تيارات الرياح التجارية . وترتفع درجة حرارة الهواء المتساقط عند المدارين ، ويصبح جافا مما يفسر انتشار الصحارى

فى أرجاء المدارين ، كما يرتفع الضغط الجوى عند السطح بسبب تراكم الأهوية المتساقطة من أعلى، ويتكون عند كل من المدارين حزام من الضغط العالى ، يكاد يكون متصلا حول الارض — خصوصا على المحيطات — ، ويعرف باسم « حزام ركاب الخيل » . وهكذا تظهر خلية عظمى يدور فيها الهواء على النحو الموضح فى الخلية رقم (١) من شكل (٧) الذى يبين الدورة العامة للرياح على الأرض .



(شكل ٧) الدورة العامة للرياح على الأرض .

ولأسباب معينة فى طبيعة وحركة الهواء الذى يسود المناطق المعتدلة التى تمتد ما بين نحو خطى عرض ٣٥ درجة و ٨٠ درجة شمالا وجنوبا ، نجد أن هذه المناطق تتولد فيها من آن لآخر انخفاضات جوية متحركة ، أو أحزمة من الضغط الخفيف متحركة تكون أشبه شىء بالدوامات التى ينخفض داخلها الضغط الجوى ويدور من حولها الهواء فى اتجاه مضاد لاتجاه دوران عقرب الساعة على النحو المبين فى شكل (٧) . وينجم عن دوام تولد هذه الانخفاضات الجوية (أو العرضية كما تسمى أحيانا ، لأنها تولد وتنمو ثم تعود فتموت وتختفى مرة أخرى) فى هذه المنطقة أن تصبح منخفضة الضغط نسبيا ، فيندفع إليها الهواء قرب السطح من مناطق الضغط العالى عند المدارين (مناطق ركاب الخيل) فى صورة تيارات عظمى هى الغربيات السائدة ؛ وتظهر بذلك خلية أخرى عظمى يدور معها الهواء فى كل من نصفى الكرة على النحو الموضح بالخلية رقم (٢) من شكل (٧) .

أما عند القطبين ، حيث تنخفض درجة حرارة الهواء السطحى انخفاضاً كبيراً لبرودة سطح الأرض بسبب قلة ما يرد إليها من الإشعاع الشمسى ، فترتفع كثافة الهواء ، ويتثاقل إلى إلى أسفل أو يهبط مكوناً منطقتين من مناطق الضغط العالى

تعرف كل منهما باسم « الطاقية القطبية » ويهب الهواء السطحى من الطاقية القطبية إلى أحزمة الضغط المنخفض نسبياً فى المناطق المعتدلة ، وذلك فى صورة تيارات عظمى شمالية شرقية فى نصف الكرة الشمالى ، وجنوبية شرقية فى نصف الكرة الجنوبى ، ثم لا تلبث أن تلتقى هذه الرياح الباردة بالغربيات السائدة فتدفعها إلى أعلى لتتم الدورة فى الخلية رقم (٣) — راجع شكل (٧) — ؛ كما تتولد الانخفاضات الجوية العرضية نتيجة هذا التلاقى .

ويدور الغلاف الهوائى أو يلف مع الأرض حول محورها كجزء منها تماماً ، وتحتفظ أجزاؤه المختلفة بكمية الدوران التى تجمعها عند كل خط من خطوط العرض ، وهى كمية تتوقف على البعد عن المحور ، ولهذا نجد أن أكبر كمية للدوران تلك التى تجمعها الأهوية الاستوائية ، وأقلها تلك التى يكتسبها الهواء القطبى . وعلى هذا الأساس نجد أنه إذا ما تحركت أجزاء من الجو صوب خط الاستواء أو بعيدا عنه ينجم عن اختلاف كميات الدوران هذه أن ينحرف الهواء المتحرك تجاه الشرق أو الغرب حسب ظروف تحركه ؛ فالرياح التجارية التى تهب من مناطق المدارين إلى مناطق خط الاستواء تنحرف صوب الشرق وتصبح

شمالية شرقية فى نصف الكرة الشمالى وجنوبية شرقية فى نصف الكرة الجنوبى ؛ أما الرياح التى تهب من مناطق الدارين متجهة إلى حيث الانخفاضات العرضية (أومقتربة من القطبين) فإنها تنحرف صوب الغرب مكونة الغربيات السائدة وهكذا تتضح القاعدة ويصبح من اليسير أن تفسر انحراف الرياح فى دورتها العامة الممثلة فى شكل (٧) .

مجمل القول ان الرياح التجارية رياح شرقية عموماً ، وهى تهب بشدة فوق المحيطات حيث تكون أثبت أنواع الرياح على الأرض ؛ كما انها تلعب دورا هاما فى توزيع الطاقات التى تكتسبها الأرض من الاشعاع الشمسى فى المناطق الحارة . وهذه الرياح لا ينتابها من آن لآخر الا بعض الاضطرابات التى تكون فى صورة أمواج قد تسبب ظهور المناطق الحارة . أما داخل القارات فإن حزام الرياح التجارية كثيرا ما ينقطع ويصبح غير متصل ؛ وتكثر فى مناطق هبوبها الصحارى مثل الصحراء الكبرى وصحراء العرب .

أما الغربيات السائدة فهى رياح ممطرة غير ثابتة ، تتغير شدتها واتجاهها تبعا لدورتها المحلية حول ما قد يتولد من انخفاضات عرضية . وفي المحيط الاطلسي تدفع الغربيات السائدة

معها تيار الخليج الحار الذى يحمل معه الدفء إلى شواطئ غرب أوروبا حتى خط عرض ٨٠ درجة شمالا . ونظرا لهبوبها من مناطق ساخنة إلى أخرى أبرد نسبيا ، واحتمال ارتفاعها فوق تيارات القطب الباردة من آن لآخر ، فإنها تعانى سلسلة من عوامل التبريد تجعلها رياحاً ممطرة . وتتحرك منطقة الغربيات السائدة (وسائر مناطق دورة الرياح العامة) صوب الشمال أو الجنوب تبعا لحركة الشمس الظاهرية على مدار العام ؛ ولهذا فهى فى فصل الشتاء تندفع صوب الجنوب بحيث تغمر منطقة البحر الابيض المتوسط وتصيبه بأمطارها ، مما يفسر أمطار هذه المنطقة الشتوية ؛ أما فى الصيف عندما تصل الشمس ظاهريا أقصى أوضاعها فى الشمال فيقتصر هبوب الغربيات السائدة على المناطق المعتدلة شمال حوض البحر المتوسط . ومهما يكن من شىء فإن الشمس ووضعها الظاهرى ، وما يتبع هذا الوضع من اختلافات فى توزيع اشعاعاتها أو طاقاتها على الأرض كل هذه الاعتبارات هى المحدد الأول للتغيرات التى نشاهدها فى الدورة العامة ، فضلا عن كونها هى مصادر الطاقة فى جو الأرض .

مصادر الطاقة
فى جو الأرض

المصدر الطبيعى للطاقات فى جو الأرض هو كما قلنا الإشعاع الشمسى ، إلا أن الهواء يكتسب هذه الطاقات بطرق غير مباشرة ، ثم تظهر فى صور مختلفة الصفات ، كطاقة حركة كما فى الرياح ، أو طاقة كهربائية كما فى عواصف الرعد ، أو طاقة كامنة حرارية كما فى أبخرة المياه العالقة فى الهواء .

ويحتوى الاشعاع الشمسى المباشر قبل دخوله جو الأرض وتأثره به على نسب متباينة من الطاقات أو الإشعاعات ذات الموجات الأثيرية المختلفة الطول والصفات ، إلا أنه يمكن حصر السواد الأعظم منها فى حزمة أو مجموعة من الأشعة تحدها موجتان طول الأولى منهما نحو ١٧ و . ميكرون(*) ، فى منطقة الأشعة فوق البنفسجية ، وطول الثانية نحو ٤ أو ٥ ميكرون فى نطاق الأشعة الحرارية المعروفة علمياً باسم تحت الحمراء . ولقد وجد بالقياس (باستخدام أجهزة عديدة) أن نسب الطاقة فى الاشعاع

(*) الميكرون وحدة لقياس الأطوال الصغيرة ، ويساوى جزءا واحدا من عشرة آلاف جزء من السنتيمتر .

الشمسى ، أى مقادير ما يفقد منها لكل ١٠٠ وحدة هى على النحو الآتى :

١ — حوالى ٩./٠ أشعة فوق بنفسجية ؛ وهى حزمة تنحصر أطوال أمواجها ما بين ١٧ و . ميكرون ونحو٣٩و٠ ميكرون وهذه من أقصر الأمواج التى ترسلها الشمس ولكن لا تميزها الأعين ، كما يتعذر على جانب كبير منها الوصول إلى سطح الأرض إلا إذا كان الهواء نقيا صافيا خاليا من كثير من الشوائب كالأتربة . وللجزء الذى يصل منها إلى سطح الأرض أثر فعال فى حفظ الصحة ومداواة الكثير من المرضى بالنزلات الشعبية والسل والكساح ؛ ولهذا ينصح الأطباء بعمل حمامات الشمس بعيداً عن المدن وأتربتها ، وذلك فى مصحات الجبال العالية ، أوعلى سواحل البحار حيث الهواء النقى . وهذه الأشعة هى التى تكسب الأجسام ذلك اللون البرنزى الجميل الجذاب المعروف والمألوف بعد أخذ حمامات الشمس على الشواطىء ، ولكن أغلب الذين يأخذون تلك الحمامات لا يعرفون أنه لولا الغلاف الهوائى الذى يحجب عنا جانباً كبيراً من إشعاعات الشمس الفتاكة ما استطاعوا تعريض أجسامهم لها لحظات معدودات .

وما استطاعوا التمتع بالطبيعة والاستفادة منها . ولسوف نرى أن الغلاف الهوائى يدرأ عنا كثيرا من تلك الإشعاعات وأحوالها وأننا بحق نعيش تحت رحمته وفى كنفه ورعايته .

ب — حوالى ٤٥ ./٠ أشعة مرئية (ضوء) ، وهى تتكون حزمة من الأشعة تنحصر أطوال أمواجها ما بين نحو ٤٠و٠ ميكرون ونحو ٧٤ و. ميكرون ، التى هى مصدر النور فى جو الأرض أو سمائها ، ويمكن أن تمتصها الأجسام المادية المعتمة وتحولها إلى طاقة حرارية .

حـ — نحو ٤٦./٠ أشعة حرارية (تحت الحمراء) ، وهى التى نشعر بوطأتها المباشرة عندما نتعرض لأشعة الشمس ، إذ أنها ترفع من درجة حرارة الاجسام .

وتبلغ قيمة الإشعاع الشمسى على كل سنتيمتر مربع خارج نطاق الغلاف الهوائى نحو ٩٧و١ سعر حرارى فى الدقيقة الواحدة فى المتوسط (السعر الحرارى هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة جرام واحد من الماء درجة واحدة سنتجراد) ؛ ويطلق العلماء على هذا القدر من الطاقة الشمسية اسم « الثابت الشمسى » وذلك نظراً لأن التغير فى قيمته غير دائم خلال فترات طويلة . ويتناقص الإشعاع الشمسى بعض الشىء بدخوله جو الارض

لأسباب عديدة أهمها : الامتصاص ، أو حجز بعض الاشعة القصيرة واستهلاكها فعلا فى طبقات الجو العلوى حيث تتحول إلى طاقة حرارية. وتختلف قدرة الغازات المكونة للهواء الجوى على الامتصاص ، إلا أن أهم الغازات التى تقوم بهذه العملية هى الاوكسيجين الذرى والأوزون فى أعالى الجو ، ثم بخار الماء فى الطبقات السطحية ومن أسباب تناقص الإشعاع الشمسى فى جو الأرض التناثر أو التشتت بجزيئات الهواء أو الاجسام الصغيرة السابحة فيه تماما كما تتناثر أمواج البحر وتتشتت بالصخور التى على الشاطىء ، ثم الانعكاس ويتضمن ارتداد بعض الطاقات بالسحب والرمال التى تثيرها العواصف والبراكين ونحوها .

ويتغير مقدار الإشعاع الشمسى الذى يصل إلى بقعة ما من سطح الأرض بانتظام تبعاً لعوامل فلكية أهمها :

١ — زاوية ميل الأشعة فى هذه البقعة ، ويكون التسخين كبيرا كلما تعامدت الأشعة على السطح كما قدمنا .

٢ — المسافة بين الشمس وهذه البقعة . وبطبيعة الحال تزداد كثافة الإشعاع كلما قلت المسافة ، وعموما نجد أن أقل قيم الإشعاع هى تلك التى تصل القطبين وأكبرها ما يفد إلى المناطق الاستوائية . ولو أننا اعتبرنا اليوم الحرارى هو متوسط كمية

الإشعاع الشمسى فى ٢٤ ساعة عند خط الاستواء واتخذنا هذا القدر وحدة للمقارنة تكون مقادير الإشعاع الشمسى على خطوط العرض المختلفة طوال العام مقدرة بالأيام الحرارية على النحو المبين فى الجدول رقم (٤).

خط العرض	٥٠	٢٠°	٤٠°	٦٠°	٨٠°	٩٠°
يوم حرارى	٣٦٥	٣٤٥	٢٨٩	٢٠٨	١٥٧	عدة أيام

جدول رقم (٤) الأيام الحرارية لخطوط العرض المختلفة

ونظراً لميل محور دوران الأرض بمقدار ٢٣٫٥ درجة كما نعلم، نجد أن لهذا الميل أكبر الأثر فى استقبال الاشعاع الشمسى على سطح الأرض، فهو لا يتعامد فعلا على خط الاستواء إلا فى يومى ٢١ مارس ثم ٢٢ سبتمبر من كل عام، وفيهما يتساوى الليل والنهار. ومن بعد ٢١ مارس تبدأ الشمس هجرتها الظاهرية صوب الشمال فيزداد طول النهار على الليل فى نصف الكرة الشمالى تدريجياً حتى تدرك الشمس مدار السرطان (خط عرض ٢٣½ درجة شمالا)، وهو أقصى مدى لهجرتها الظاهرية تجاه الشمال؛ ويتم ذلك فى ٢١ يونيو وعندها يتعامد الإشعاع

الشمس على مدار السرطان ، ومن ثم تنتقل الشمس ظاهريا صوب الجنوب حتى تصل إلى خط الاستواء وتتعامد عليه فى ٢٢ سبتمبر ، وتستمر فى انحدارها جنوبا حتى تبلغ مدار الجدى (خط عرض ٢٣½ درجة جنوبا) فى ٢٢ ديسمبر ، ومن ثم ترجع قافلة مرة أخرى وهكذا . . . . وتبعا لذلك يتغير طول النهار من فصل لآخر . وينعدم الإشعاع الشمسى عند القطب الشمالى خلال الفترة الممتدة من ٢٢ سبتمبر إلى ٢١ مارس ، ولا تظهر أشعة الشمس إلا خلال الفترة القصيرة الواقعة بين ٢١ مارس و٢٢ سبتمبر ، ولكن على الرغم من وجود هذا الإشعاع فإن حرارة الجو عند القطب تستمر دون نقطة الجليد طوال الصيف نظرا لميل الأشعة بدرجة كبيرة وضياع ما قد يكتسب منها فى إذابة بعض ثلوج الشتاء ، وعادة يطلق على مثل هذه المنطقة وما يجاورها اسم الدائرة المتجمدة .

ومن ناحية أخرى نجد أن الأرض لا تتبع فى فلكها حول الشمس دائرة كاملة بل تسبح فى مجرى على شكل دائرة مستطيلة (هى قطع ناقص أو اهليلج كما يسمى أحيانا) ، وعلى ذلك فإن المسافة بين الأرض والشمس تتغير على مدار العام ، فتكون فى يناير نحو ١٤٧ مليونا من الكيلومترات ، وتصبح فى يوليو

١٥٢ مليونا من الكيلومترات ، أى تفرق نحو خمسة ملايين كيلو مترات ، وكما قدمنا تختلف كثافة الإشعاع الشمسية فى أى مكان تبعاً لقرب أو بعد هذا المكان من الشمس ، ويكون التناسب عكسيا مع مربع المسافة ، إلا أن التأثير الأكبر يرجع إلى ميل الأشعة على السطح .

٣ — ومن العوامل الفلكية التى تؤدى إلى تغييرات طارئة فى قيمة الثابت الشمسى ظهور البقع الشمسية على سطحها ، وهى أعاصير جبارة تحدث فى سطح الشمس وجوها ، وقد يبلغ قطر الاعصار الواحد منها ٥٠ ألف كيلومتراً ، ويتبع ظهورها تدفق أمواج من الأشعة الكونية والجسيمات الأولية المشحونة بالكهربائية مع طاقات عظيمة من الحركة تسبب انتشار العواصف المغناطيسية فى الفضاء وجو الأرض . ومن الملاحظ أن البقع الشمسية هذه يتكرر حدوثها بوفرة فى فترات تكاد تكون منتظمة ، قوامها نحو ١١ سنة فى المتوسط .وقد أجريت عدة بحوث علمية لإيجاد العلاقة بين ظهور هذه البقع وما يعقبها من تغيرات ملحوظة فى النشاط الجوى على الأرض ، وكل ما يمكن الجزم به حتى الآن فى ظل أرصاد الصواريخ والأقمار الصناعية أن حدوث هذه البقع يتبعه حتما نشاط ملحوظ فى الطبقات

العليا المتأينة وما يليها من طبقات فى الفراغ الكونى القريب (أحزمة فان آلين) وظهور الفجر القطبى وأضواء الشمال التى هى إشعاعات كهربية فى أطراف أحزمة فان آلين الالكترونية.

وعندما درس موضوع تناقص الإشعاع الشمسى فى جو الأرض بعامل الامتصاص وجد أن الأوكسيجين الذرى فى الطبقات العليا يمتص جانبا من الطاقة فوق البنفسجية فى حزمة امتصاص تمتد من نحو ١٧و٠ ميكرون إلى نحو ٢و٠ ميكرون وتعرف حزمة الامتصاص هذه باسم (حزمة امتصاص شومان) يتحول بعض الطاقة فوق البنفسجية عند امتصاصها إلى طاقة كيميائية تحلل الأوكسيجين إلى جسيماته الكهربائية اللازمة لإتمام عمليات التأين تحت تلك الضغوط المنخفضة جدا ، كما يتحول البعض الآخر إلى طاقة حرارية هى من ألزم ما يكون لرفع درجة حرارة تلك الطبقات وحفظ التوازن الحرارى فيها.

أما الأوزون فهو كما قدمنا يمتص بغزارة جانبا من الأشعة فوق البنفسجية داخل حزمة امتصاص (أو مجموعة أمواج) تعرف علميا باسم (حزمة امتصاص هارتلى)، وتحدها الموجتان ٢و٠ ميكرون ونحو ٣٢و٠ ميكرون . ويشتد امتصاص غاز الأوزون فى الجو عند الموجة التى طولها ٢٥و٠ ميكرون .

ولامتصاص الأوزون فى حزمة هارتلى هذه علاقة وثيقة باختفاء طيف الإشعاع الشمسى قرب الموجة ٢٩و٠ ميكرون . ولما كان الأوزون يتواجد بكثرة على ارتفاعات تمتد من نحو ٢٠ إلى ٦٠ كيلو مترا فإن هذا الامتصاص يسبب تسخين تلك الطبقات المرتفعة من الجو ويعوضها النقص فى حرارتها بسبب الإشعاع المستمر إلى الفضاء .

وفى المتوسط يمتص غاز الأوكسيجين وغاز الأوزون نحوا من ٢,١٪ من طاقة الإشعاع الشمسى ، وهى تكفى لإنجاز عمليات التأمين فى الطبقات العليا وعمليات تكوين الأوزون من تحتها ، كما تكفى فى نفس الوقت لحفظ التوازن الحرارى فى جو الأرض العلوى فلا يبرد على مر السنين بفقد حرارته إلى خضم الفضاء الكونى .

أما فى طبقات الهواء السطحية حيث يقل ورود الطاقة فوق البنفسجية نسبياً بسبب امتصاص أغلبها فى طبقات الجو العليا فلا يلعب غاز الأوكسيجين ولا غاز الاوزون أى دور فى عمليات الامتصاص ، وإنما الذى يقوم بهذا الدور هو بخار الماء الذى يكثر تواجده فى طبقات الهواء السفلى القريبة أو الملامسة لمصادر المياه على الأرض . ولبخار الماء سلسلة من حزم

الامتصاص فى كل من الطيف المرئى «الضوء» والطيف الحرارى وتتوقف مقادير الطاقة الممتصة على كمية بخار الماء العالق فى الهواء وهى تتغير بتغير الزمان والمكان ، ويشتد الامتصاص كلما كثرت كميات بخار الماء والعكس بالعكس . وقد قدر أنه فى المتوسط يمتص بخار الماء العالق فى الجو السفلى من نحو ٦ ٪ إلى ٨ ٪ من الاشعاع الشمسى المباشر . وعلى ذلك إذا حسبنا مقدار الامتصاص الذى تحدثه غازات الجو مجتمعة ، أو الغلاف الهوائى بأسره ، نجد أنه لا يتعدى فى مجموعه نحو ٨ إلى ١٠ ٪ من الإشعاع الشمسى المباشر .

وعندما ندخل أيضاً حساب الامتصاص الذى تحدثه المواد الغريبة أو الشوائب التى تعلق فى الغلاف الهوائى وتنتشر فيه من آن لآخر ، مثل الأتربة التى تذروها الرياح والغبار الذى تقذفه البراكين أو تثيره العواصف ، معتمدين على القياسات الدقيقة لهذه العناصر فى هذا العصر ، نجد أنها بعد أخذ متوسطاتها على الأرض لا تمتص أكثر من ٢ ٪ من طاقة الشمس المباشرة . ومعنى ذلك أن مجموع ما يفقد بكافة مكونات الجو فى جميع طبقاته لا يتعدى فى المتوسط نحو ١٠ ٪ إلى ١٢ ٪ من الإشعاع المباشر ؛ أى أنه بصرف النظر عما تعكسه

السحب التى تسبح فى جو الأرض (أو ما ترده هذه السحب إلى الفضاء) فإن الاشعاع الشمسى يكاد يخترق جو الأرض دون أن يفقد بعامل الامتصاص أكثر من ١٢ ٪ من قيمته الأصلية ، ولا يتعدى أثر هذا الامتصاص حدود حفظ التوازن الحرارى فى طبقات الجو العليا .

وتعكس السحب التى تنعقد فى جو الأرض ، وترد إلى الفضاء الكونى الفسيح ، جزءا كبيرا إشعاعات الشمس ، وقد وجد باخذ متوسطات كميات السحب فى كافة أرجاء الأرض على اختلاف أنواعها طوال العام أن السحاب يغطى فى المتوسط نحو ٥٤ ٪ من سماء الأرض ، وهو بذلك يرد بواسطة الانعكاس نحو ثلث الاشعاع الشمسى أو أقل بقليل على وجه التقريب .

بقى بعد كل هذا التفصيل والتدقيق والتحليل لظاهرة الامتصاص أن نعرف ما يحدث لطاقة الشمس التى تتناثر أو تتشتت فى جو الأرض بواسطة جزئيات الهواء وبخار الماء ثم ذرات الأتربة والرمال العالقة ؛ فمن المعروف أن ظاهرة التشتت هذه لا تكتمل إلا للأمواج الأثيرية التى أطوالها أصغر من أقطار جزئيات الوسط العامل على التناثر ، وإلا حدثت عدة

انعكاسات فقط للموجة بدلا من تناثرها ، كما أن المعروف علمياً أيضاً أن كمية الطاقة التى تتناثر إنما تتناسب عكسيا مع الاس الرابع لطول الموجة المتناثرة ، بمعنى أنه كلما صغر طول الموجة كلما زادت كمياتها المتناثرة .

وعندما تسقط أشعة الشمس وتنفذ خلال جو الأرض يتناثر جانب منها فى كل اتجاه فيبدو الغلاف الهوائى مضيئاً ، وهذا هو سبب إنارة الشمس للجو ، وإنارة أية غرفة تعرض للجو أثناء النهار ولو لم تدخلها أشعة الشمس المباشرة .

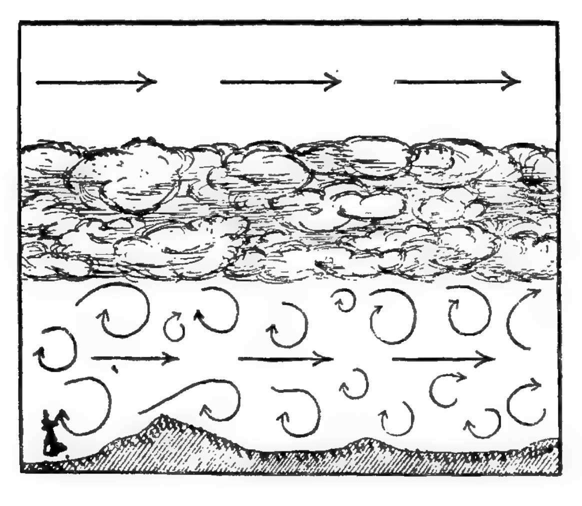
ولما كانت الأمواج الزرقاء ، أى اللون الأزرق وطول موجته نحو ٤٨و٠ ميكرون ، هى أغزر الطاقات التى ترسلها الشمس ، كما أنها من أصغرها طولا ، فإنها بمجرد دخولها جو الأرض تغمره بالزرقة المشتتة فى كل اتجاه ، فيبدو كقبة زرقاء لا تعدو فى حقيقتها كون أنها مجرد ظاهرة ضوئية .

والآن بقى أن نعرف ما يحدث لطاقة الشمس التى تصل إلى سطح الأرض بعد أن تتناقص قيمتها الأصلية فى الجو بجميع العوامل التى ذكرناها . ومن الطبيعى أن نجد سطح الأرض بدوره يرد بعض الاشعاع ويمتص البعض الآخر . كما يستخدم بعض الطاقة الممتصة فى عمليات البخر من الأسطح المائية ؛

ومن الطبيعى أيضاً أن تختلف قوة سطح الأرض فى رد ما يفد اليه من إشعاع بواسطة الانعكاس تبعاً لطبيعة السطح نفسه ، إلا أن متوسط مايرده سطح الأرض باجمعه من الإشعاع الوارد اليه هو جزء صغير على أية حال .

وعندما ترتفع درجة حرارة سطح الأرض (اليابس أو الماء) بامتصاص الإشعاع الشمسى تبدأ قصة جديدة فى تسخين الغلاف الهوائى ومده بالطاقة الحرارية اللازمة لنشاطه ، وتتضمن هذه القصة الطرق غير المباشرة للاستفادة من الاشعاع الشمسى وحفظ التوازن الحرارى على سطح الأرض وفى جوها ، وأهم هذه الطرق تيارات الحمل ثم الدورة العامة للرياح ، فعمليات التكاثف وحركة الهواء غير الإنسيابية أى التى لا ينساب فيها الهواء فى صورة تيار مستمر أومتصل بل تصعد أجزاء من الجو وتهبط أخرى فى نفس الوقت فى صورة حركة مزجية تنتقل بها الحرارة المكتسبة من سطح الأرض (أو أبخرة المياه) إلى أعلى خلال ارتفاعات قد تصل لعدة كيلومترات ، هذا كما قد ينجم عن هذه الحركة تكوين طبقة من السحاب هى سحب الحركة غير الإنسيابية كما فى شكل (٨) .

وتتمخض الحركة غير الإنسيابية فى الجو إذاً عن نزح



شكل (٨) تكون طبقة من السحب بفعل الحركة غير الانسيابية

حرارة سطح الأرض والحرارة التى تكتسبها طبقات الهواء الملامس له بالتوصيل الحرارى ، وتقل أبخرة المياه المنتشرة فى الطبقات السطحية إلى أعلى . ومما يساعد على نشاط هذه الطبقة ازدياد سرعة الرياح ، واختلاف طبيعة سطح الأرض ، ووجود الدوامات والمرتفعات أو الضباب التى تعترض مهب الرياح ، ومنها أمواج البحر . أما إذا صعد الهواء محملا بالمزيد من الحرارة والرطوبة فى صورة تيـار مستمر فانه يطلق عليه اسم « تيار الحمل » ، لأنه إنما يحمل عنصرى الحرارة والرطوبة إلى الطبقات العالية نسبيا :

وعندما يندفع الهواء الرطب إلى أعلى تنخفض درجة حرارته بمعدل التبريد الذاتى وتقل قدرته على حمل أبخرة المياه ، فتتكاثف الأبخرة التى فيه وتتحول إلى نقط من الماء أو بلورات من الثلج أو منهما معاً ، وهذه هى مكونات السحب والأمطار بينما تنطلق الحرارة الكامنة للبخر فى تلك المناطق العالية التى تتكون فيها السحب فتكسبها كثيراً من طاقات الحرارة : ويمكن أن تنتقل الطاقة المنطلقة فى صورة حرارة على تلك الارتفاعات إلى كثير من بقاع الارض بواسطة الدورة العـامة للرياح الممثلة فى شكل (٧) . وقد قدر فست « العالم الجرمانى»

ان متوسط ما يكتسبه الغلاف الهوائى بعمليات التكاثف هذه يعادل نحو ٠٫٠٨٦ سعرا لكل سنتيمتر مربع فى الدقيقة ، وهذه القيمة تعادل نحو ٦٫٢ × ١٠^٢٠ سعر حرارى فى اليوم الكامل لجو الأرض باسره ، أو نحو ٢ × ١٠^٢٣ سعر حرارى فى المتوسط خلال العام ، وهى كمية من الطاقة تكفى لدفع الرياح فى دورتها العامة المعروفة . ولما كان البخر إنما يبلغ أشده فى المناطق الحارة فانه من الطبيعى أن يكتسب الجزء الأكبر من هذه الطاقة من محيطات المناطق الحارة .

وقد وجد بالقياس والحساب* أن متوسط ما يكتسبه الجو من الحرارة نتيجة عمليات البخر من سطح شرق البحر المتوسط فى منطقة المياه المصرية يعادل فى العام الكامل نحو ٣٨٨٠٠ سعر لكل سنتيمتر مربع ، إلى نحو ٠٫٠٧٥ سعر حرارى لكل سنتيمتر مربع فى الدقيقة الواحدة ، وهى قيمة تقل قليلا عن المتوسط العام لسطح الأرض الذى حسبه فست ، وذلك لأن كميات البخر إنما تحدث فوق المحيطات بطبيعة الحال .

وهكذا يتضح لنا بكل جلاء أن سطح الأرض (اليابس

(*) رسالة الدكتوراه للدكتور عبد الحميد النجار (تحت إشراف المؤلف) .

والماء) هو الذى يستفيد فعلا من أغلب طاقات الإشعاع الشمسى ، وأنه يصبح بعد ذلك المصدر الطبيعى المباشر للطاقات فى جو الأرض أو غلافها الهوائى ، مما يفسر لنا علة انخفاض درجة الحرارة كلما بعدنا عن سطح الأرض مرتفعين فى طبقات الهواء السطحية .

ومرة أخرى يفقد سطح الأرض كثيراً من حرارته عن طريق الإشعاع الحرارى ، شأنه فى ذلك شأن أى جسم مادى ساخن فى وسط أقل منه حرارة أو فى الفراغ ، إلا أن بخار الماء العالق فى جو الأرض السفلى بوفرة له ــ كما قدمنا ــ من الخصائص والصفات الطبيعية ما يمكنه من امتصاص أغلب الأمواج الحرارية التى ترسلها الأرض إلى الفضاء ، بحيث نجد أن مجموع الطاقات الواردة من الشمس والمستغلة فعلا فى الأرض مساويا تماما لمجموع الطاقات التى يستنفذها جو الأرض أو يفقدها هو وسطحها بالإشعاع إلى الفضاء الكونى ، وبذلك تظل الأرض فى حالة من التوازن الحرارى الذى هو شرط من شروط الكواكب التى تنجب الحياة وتصونها ، والفضل فى ذلك كله يرجع إلى غلافها الهوائى الذى نعيش تحت رعايته وفى كنفه !

وليس من شك أن أهم مستلزمات الحياة وضرورياتها

فى أى مكان ، على الأرض أو على أى كوكب ، هو توفر درجات من الحرارة الملائمة التى تستقيم معها الحياة ، ثم ثبوت معدلات هذه الدرجات على مر السنين قدر المستطاع ، أى عدم تغيرها من عصر إلى عصر بدرجات تؤدى إلى افناء ما يوجد من أحياء* . ولا سبيل إلى تثبيت الحرارة أو معدلاتها على أى كوكب إلا إذا وقع تحت تاثير عاملين : أولهما مصدر دائم للحرارة ،والثانى مصدر دائم للتبريد ،على أن يتم التوازن بينهما.

أما مصدر الحرارة الدائم على أى كوكب فهو شمسه التى يتبعها ؛ والشمس فى التعريف العلمى نجم متزن تكاد تثبت فيه قيم ما يطلق من طاقات خلال آلاف ملايين السنين . وشمسنا من هذا النوع ، ويقدر عمرها الآن بنحو خمسة آلاف مليون سنة ؛ أما عمرها المديد فيقدر بنحو ٥٠ ألف مليون سنة .

وما مصدر البرودة على أى كوكب إلا تلك الخاصية الطبيعية التى تملكها الأجسام المادية ، وتتضمن فقدها للحرارة عن طريق ما نسميه الإشعاع الحرارى كما قلنا . فكل جسم مادى مثل جو الأرض أو غلافها الهوائى ومثل سطحها يمكن أن

(*) كما حدث تخففا فى بعض عصور الأرض القديمة كالعصر الجليدى .

يبرد من تلقاء نفسه لمجرد تعرضه للفراغ الكونى ، وهو إذا ترك وشأنه دون مؤثر خارجى يمكن أن تنتهى به البرودة إلى الصفر المطلق ، أو تلك الدرجة الدنيا التى تنعدم عندها حركة جزيئات الهواء . والذى يقوم بدور التوازن الحرارى كله هو الغلاف الهوائى. وما معنى تعدد الشموس وما قد يتبعها من كواكب سيارة إلا ازدياد احتمال توفر البيئات الملائمة للحياة على كثير من تلك الكواكب فى سائر أرجاء الكون المترامى الأطراف .

طبقات الغلاف الهوائى

عندما يرتفع الإنسان مبتعداً عن سطح الأرض ليصعد فى السماء يقع تحت تأثير تغيرات جوهرية فى عناصر الجو التى ألفها على سطح الأرض ، وبخاصة من حيث الضغط ودرجة الحرارة . وقد سبق أن وضحنا تناقص الضغط سريعا حتى يقارب الصفر على ارتفاع عدة مئات من الكيلو مترات من سطح الأرض . أما درجة الحرارة ، وكذلك بعض مكونات الهواء فى طبقاته العليا ، فهى تخضع لسلسلة من التغيرات الواضحة التى تحملنا على تقسيم الغلاف الجوى إلى عدة طبقات مميزة .

وفى الحقيقة لم تكن طبيعة الأجواء العليا معروفة لنا تماما حتى عهد قريب ، وعندما بدأ الإنسان التطلع إليها ودراستها لم تتوفر لديه الطرق المباشرة (كدراستها بالصواريخ مثلا) فراح يستخدم فى سبيل ذلك طرقا غير مباشرة ، كرصد الظواهر التى تحدث فيها ، أو تحليل طيف بعض الأضواء المنبعثة منها ، أو استنباط تركيبها نظريا . . . وفى عام ١٩٣٤ وصل ثلاثة من الضباط الروس إلى علو نحو ٣٢ كيلو مترا داخل

مركبة محكمة الإقفال رفعها منطاد كبير استخدم فيه غاز الهيليوم.
ورغم أن هذا الرقم يعتبر من الأرقام القياسية للارتفاع بالمناطيد ،
إلا أن تلك المركبة للأسف الشديد انفصلت عن المنطاد ،
وبذلك لقى أولئك الأبطال حتفهم بعد أن حلقوا على
ارتفاعات انخفضت فيها درجة حرارة الجو تحت الصفر بمقدار نحو
٧٠ درجة مئوية .

ومن أهم الطرق التى استخدمت فى دراسة طبقات الغلاف
الهوائى العلوى تحليل طيف الفجر القطبى . والمعتقد أنه عندما
تطلق الشمس من سطحها كتلا عظيمة من الكهارب
(أو الالكترونات) ، تعبر هذه الكهارب الفضاء الكونى
بسرعة فائقة (تقدر بعدة مئات الكيلومترات فى الثانية) إلى
أن تصل إلى جو الأرض الخارجى فلا تستطيع اختراقه بسهولة
بسبب تأثير مجال الأرض المغناطيسى الذى يضرب حولها نطاقا
فى الفضاء القريب المحيط بها . وعلى أية حال تعبر نطاق هذا
المجال الكهارب ذات الطاقات العالية ، وتسرى مع خطوط
قوى المجال ، وبذلك تتكدس عند القطبين كما فى (شكل ٩) ،
إلا أنها لا تصل إلى الطبقات السطحية من الغلاف الهوائى ،



(شكل ٩)
تكدس الكهارب
العظيمة الطاقات في أعالي
جو الأرض عند
القطبين

إذ تتصادم مع غازات الطبقات العليا المخلخلة والمتأينة* بفعل الأشعة فوق البنفسجية التى ترسلها الشمس . وعندما ترتطم الكهارب المقبلة من الشمس بايونات الجو العلوى (أو طبقة الأيونوسفير كما يسمونها) تعمل على طرد بعض كهارب تلك الأيونات وزحزحة ما يتبقى من طبقة ذرية إلى أخرى ، وبذلك تنطلق طاقة أثيرية فى صورة الوهج القطبي أوالفجر القطبي**. وتعطى أيونات المواد المختلفة ألوانا متباينة . فمثلا ينجم عن بعض أيونات الأوكسيجين اللون الأخضر ، كما تعطى بعض أيونات الأزوت اللون الأحمر .

ولقد أثبت تحليل طيف الأورورا وجود الأزوت والأوكسيجين على ارتفاعات تصل إلى أكثر من ألف كيلومتر ، رغم أنهما أكثر غازات الغلاف الجوى كثافة ، بينما الغازات الخفيفة مثل الهيليوم والإيدروجين لا تعطى طيفا هناك !

---

* اى المتحللة إلى مكوناتها الكهربية المعروفة علميا باسم الايونات.

** المعروف أنه عندما ينتقل كهرب يسبح حول نواة الذرة من طبقة إلى أخرى تطلق الذرة (او الايون فى هذه الحالة) بعض الطاقة . وقد تكون الطاقة المنطلقة على هيئة اشعة غير مرئية او اشعة ضوئية حسب الظروف .

ومن الأجهزة التى شاع استعمالها فى دراسة بعض خصائص الطبقات العليا المخلخلة نوع يعرف باسم « مسجل طبقات التأين » أو « أيونو سفرك ريكوردر » ، وتتلخص طريقة عمله فى إرسال موجات أثيرية (فى نطاق أمواج الراديو) إلى مثل تلك الارتفاعات ثم استقبالها بعد انعكاسها أو ارتدادها من الطبقات التى تتجمع فيها الكهارب . وبتحليل الأمواج المرتدة يمكن الخروج بفكرة سليمة عن كثافة الالكترونات فى تلك الطبقات المحللة إلى جسيماتها الكهربائية بفعل الإشعاع الشمسى .

فمن المعروف أن أمواج اللاسلكى انما ترتد بعد ارسالها من طبقات تجمعات الكهارب فى (الايونوسفير) . وتتواجد طبقة من هذا النوع تمكها نحو خمسة كيلو مترات على ارتفاع نحو ١١٠ او ١٢٠ كيلومترا من سطح الأرض . هذا كما تتواجد طبقة أخرى عظيمة الكثافة نسبيا (أو طبقتان) على علو نحو ٢٥٠ كيلو مترا تعرف باسم طبقة (ف) . أما الطبقة الأولى فيطلق عليها عادة اسم طبقة E او (ى) ، وبطبيعة الحال يسيطر الإشعاع الشمسى على درجة التركيز الكهربى فيها ، فنجدها تصل نهايتها العظمى عندما ينتصف النهار ، كما تصل نهايتها الدنيا فى الليل (عندما تغيب الشمس) .

وهنالك أجهزة خاصة لدراسة كميات الأوزون المتراكمة فى الطبقة الممتدة من ارتفاع نحو ١٥ أو ٢٠ كيلو مترا إلى ارتفاع نحو ٥٠ كيلو مترا ، وتتلخص فكرة عمل مثل هذه الأجهزة فى قياس تناقص طاقة الأشعة البنفسجية ، وخاصة موجاتها القصيرة بسبب امتصاص غاز الأوزون لها فى تلك الطبقات .

وعندما أدخل الرصد المباشر بالصواريخ استخدمت عدادات الفوتون ، وتمتاز هذه العدادات بأنها تبلغ أكبر حساسية لها فى طرف الأمواج القصيرة حيث يبلغ طول الموجة ٢٠٥ و ميكرون ودلت الأرصاد الأولى التى جمعت باستخدام الصاروخ ف ٢(*) لدراسة طيف الاشعاع الشمسى تحت الموجة ٣ و . ميكرون على أن جو الشمس الخارجى تزيد درجة حرارته على ٦٠٠٠ درجة مطلقة ، وعلى أن (الثابت الشمسى) تبلغ قيمته ١و٩٧٠ سعر حرارى لكل سنتيمتر مربع فى الدقيقة .

أما درجات الحرارة فى أعالى الجو فهى لاتقاس بترمومتر زئبقى عادى ، وانما بترمومتر خاص يعرف باسم (ترمومتر

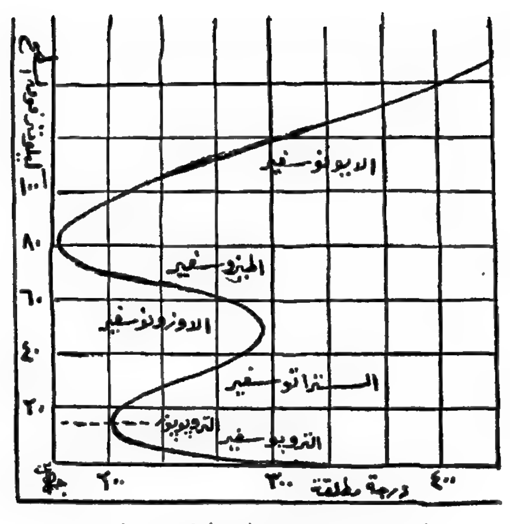
---

* هو النوع الألمانى الذى ضرب به النازى جنوب انجلترا فى اواخر الحرب العالمية الثانية .

المقاومة الكهربائية) وهو الذى تتغير مقاومته الكهربائية تبعا لتغير درجات الحرارة ، وعلى ذلك تسجل درجة الحرارة أو ترسل كإشارة كهربائية ، وما درجات الحرارة فى تلك الطبقات المخلخلة إلا درجات كيناماتيكية ، أى تتصل بسرعة تحرك الجسيمات ، وخير وسائل رصدها الصواريخ أو الأقمار الصناعية التى عم استخدامها فى مستهل عصر الفضاء .

ولقد دل البحث والتنقيب على أن الثمانين كيلو متراً الأولى من الغلاف الهوائى يمكن أن تنقسم إلى طبقات مختلفة تمتاز كل طبقة منها بصفات معينة على النحو الآتى :

أولا : الطبقة السطحية ، وهى المعروفة باسم (التربوسفير) ، ويختلف ارتفاعها من نحو ثمانية كيلو مترات عند القطبين إلى نحو ١٨ كيلو مترا عند خط الاستواء . هذه الطبقة هى موطن التقلبات الجوية من أعاصير وأمطار ، ومن أهم صفاتها أنها تكتسب الطاقة اللازمة لنشاط الجو فيها عن سطح الأرض (اليابس والماء) ، وخلالها تنخفض درجة الحرارة مع الارتفاع أى بالبعد من مصدر الحرارة ممثلا فى سطح الأرض بمعدل متوسطه ٦٫٥ درجات مئوية لكل ١٠٠٠ متر - راجع شكل (١٠) - ويحد هذه الطبقة من أعلى سطح وهمى هو (التربوبوز) تبلغ عنده درجة الحرارة أقل قيمة لها فى جو الأرض ، وهى



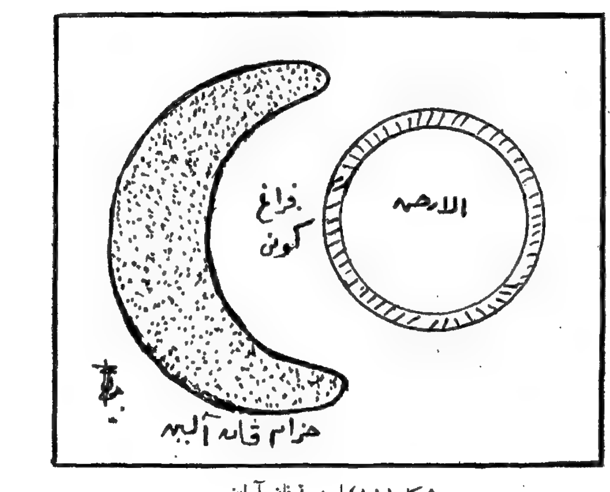
(شكل ١٠) توزيع درجات الحرارة مع الارتفاع
فى طبقات الغلاف الهوائى

نحو ٧٠ درجة تحت الصفر وتكون حدود هذه الدرجة حلقة مقفلة حول خط الاستواء .

ثانيا : (الستراتوسفير) أوالطخرورية ، ويمكن أن تنقسم إلى قسمين هما الستراتوسفير الدنيا وتزداد خلال معظمها درجة الحرارة مع الارتفاع بمعدل متوسطه ٥ درجات مئوية لكل كيلو متر ، وذلك بسبب تكون الاوزون على تلك الارتفاعات التى يطلق عليها أيضا اسم (الاوزونو سفير) . وكما قلنا سابقا ، من صفات الأوزون القدرة على امتصاص بعض الأشعة فوق البنفسجية التى ترسلها الشمس حيث تتحول الى حرارة ترفع من درجة حرارة تلك الطبقات حتى تصل أقصى قيمة لها عند ارتفاع نحو ٥٠ كيلو مترا — راجع شكل (١٠) — . ثم تنخفض درجة الحرارة بعد ذلك خلال طبقة الستراتو سفير العليا التى تتناقص خلالها كميات الاوزون سريعا ، ثم خلال طبقة الميزو سفير التى تتواجد فيها الميسونات حتى ارتفاع نحو ٨٠ كيلو مترا . ومن بعد ذلك تبدأ درجة الحرارة فى الارتفاع من جديد خلال الطبقة المتأينة المعروفه باسم (الايونو سفير) ، حيث يقوم الأوكسيجين بأغلب عمليات الامتصاص وعمل التوازن الحراري . وتمتد الإيونوسفير خلال الارتفاعات الشاهقة التى

يظهر فيها الفجر القطبي ، ولكنها قد تمتد بعد ذلك نظريا إلى ما يعرف باسم الاكسوسفير . وجدير بالذكر أنه فوق نحو ١٢٠ كيلو مترا لاينتشر الصوت العادى فى الجو ، نظراً لأن المسافات التى بين مكونات الهواء تصبح مساوية تقريبا لأطوال موجات الصوت ، أو حتى أكبر منها !

وفى خلال السنة العالمية الأخيرة لطبيعيات الأرض ، أو الفترة الممتدة ما بين عام ١٩٥٨ و ١٩٥٩ ، وباستخدام ارصاد الأقمار الصناعية التى وصلت إلى ارتفاعات زادت على ٧٠ ألف ميل من سطح الارض ، توصل فان آلين إلى اكتشاف هام فى الفراغ الكونى القريب لخواه وجود حزامين من الإشعاعات الكونية المركزة بينهما منطقة من الإشعاعات غير المركزة نسبياً ، وثبت أن قوام الحزام الخارجى جسيات ضعيفة من نوى ذرات الأيدروجين والالكترونات التى ترسلها الشمس ؛ وينحنى الحزام إلى أسفل عند حافته ، ويتدلى طرفه ويدنو من الايونوسفير فى صورة قرن الثور الذى يدخل جو الأرض قرب القطب المغناطيسى للأرض ، على النحو الممثل فى شكل (١١)



شكل (١١) احزمة فان آلين

الكتل الهوائية

دلت الأرصاد الجوية التى أخذت فى كافة أرجاء الأرض على إمكان تقسيم طبقة التروبوسفير الدنيا إلى مجموعات مميزة من الأهوية المختلفة الصفات والطبيعة ، وأطلق على كل منها اسم (كتلة هوائية) ؛ والمقصود بها جزء ضخم من الجو السفلى يتميز بعناصر خاصة من حيث درجة الحرارة والرطوبة والشفافية والسحب . . . ، إلا أن هذه الفكرة لا تصادف رواجا عظيما هذه الأيام .

والمفروض أن المهيمن على تولد هذه الكتل الهوائية وتميزها بخواص طبيعية معينة هو طول مكث كل منها فى مصدر رئيسى معين . والمقصود بالمصدر المعين جزء متسع من سطح الأرض (سواء اليابس منه أو الماء) تتجانس أجزاؤه وتحدده صفات خاصة تكتسبها كلها أو بعضها الكتلة الهوائية السائدة عليه ، مثل سهول سيبريا أو الصحراء الكبرى أوالبحر الأبيض المتوسط أو شمال الأطلسى فان الهواء الملامس لكل من هذه البقاع مدة كافية لا يلبث (إذا خفت تقلبات الجو) أن يكتسب

على أية حال بعض خصائصها خلال طبقاته السطحية على الأقل ، ومما يساعد على ذلك تواجد مناطق الضغط الجوى المرتفع على تلك المصادر أو البقاع .

وعندما تزاح هذه الكتل أو تنتقل بتاثير دورات الرياح إلى بقاع أخرى تحمل معها خواصها ، ورغم أنه قد يصيب خواص بعض أجزاء منها شيء من التغيير والتبديل أثناء تحركها وخاصة عند سطح الأرض مباشرة إلا أن الجزء الأكبر منها ، ولا سيا الطبقة غير الملامسة لسطح الأرض ، يظل محتفظا بصفاته الأولى ، هذا بطبيعة الحال مالم تتواجد حركة رأسية تغيرمن معالم الكتلة كلها .

هذا وقد أمكن تقسيم كتل الهواء الجوى تبعا للفروق التى بينها و بين السطح الذى تهب عليه ، إلى قسمين رئيسيين هما (١) كتل باردة ، وهى التى تنساب فوق سطح أسخن منها نسبيا ، (٢) كتل ساخنة ، وهى التى تنساب فوق سطح أبرد منها نسبياً وبطبيعة الحال يمكن أن يقسم كل من القسمين المذكورين إلى فرعين ، وذلك تبعاً لطبيعة أو نوع سطح المصدر الرئيسى ، بمعنى أنه إما أن تكون الكتلة الهوائية « بحرية » وهى ما كان سطح مصدرها من الماء ، وإما أن تكون الكتلة الهوائية

« قارية » ، وهى ما كان سطح مصدرها الرئيسى يابسا . ويبين الجدول رقم (٥) الاقسام الرئيسية لكتل الهواء وأهم صفاتها المميزة أو عناصرها تبعاً لوجهة النظر هذه .

العنصر الجوى	بارد		ساخن	
	قارى	بحرى	قارى	بحرى
درجة الحرارة	منخفضة جدا	منخفضة	مرتفعة جداً	مرتفعة
الرطوبة	منخفضة	متوسطة	منخفضة جداً	مرتفعة جدا
الرياح (النصف الشمالى)	شمالية	شمالية عادة	جنوبية	جنوبية عادة
درجة الشفافية	جيد	جيد جداً	ردىء جداً	ردىء
السحاب	—	ركامى	—	طبقى عادة
الضغط الجوى	عال	متوسط	منخفض	منخفض نوعا

جدول رقم (٥) الأقسام الرئيسية لكتل الهواء

والسبب الرئيسى فى تغيرات الجو من آن لآخر فى أى مكان على الأرض هو حلول كتلة الهواء السائدة عليه محل أخرى تبعاً لدورة الرياح المحلية ، فقد يكون الجو فى يوم من أيام ربيع مصر حاراً مقبضاً لأن كتلة من الهواء القارى الاستوائى تجثم فوق الوادى مقبلة من الصحراء الكبرى أو صحراء العرب ، ثم يعقب ذلك يوم معتدل منعش يمتد طيبه تدريجياً من شمال الوادى إلى جنوبه بسبب إزاحة الكتلة الاستوائية وحلول أخرى محلها

من الشمال أو الشمال الغربى لها صفة الإنعاش لانخفاض درجة حرارتها ونقاء هوائها ، كما هو الحال مع أهوية البحر المتوسط .

ويكاد يستتب جو أى اقليم فى الأرض على وتيرة خاصة اعتادها أهل هذا الاقليم على مر السنين ، وذلك بسبب التوازن الحرارى القائم فى الجو، ويعبر عن هذا المعنى علميا بأن «مناخ» أى اقليم ثابت على مر السنين ؛ وما المناخ إلا متوسطات العناصر الجوية خلال مدد طويلة ، مثل متوسطات درجة الحرارة أو الرطوبة أو الرياح ، فإذا ما تغير عنصر من العناصر بدرجة ملحوظة بحيث حاد كثيراً عن متوسطه ، دخل ذلك فى عداد الظواهر الجوية غير المألوفة ، أو اعتبرناه نوعا من شواذ الجوالتى يعزوها العلم إلى تدخل عوامل طارئة ، مثل الغبار الذرى الذى ينتشر فى سائر طبقات الجو عقب تفجير القنابل الذرية ، ومثل التغيرات التى تطرأ على سير تيارات الماء العظمى ، ومثل دخول الأرض فى مجرى عميق من مجارى الشهب المنتشرة فى الفراغ .

وتأثير التيارات المائية العظمى على الجو معروف ومألوف كما هو الحال مع تيارات الخليج الدافىء . ومن التيارات المائية الباردة تيار « همبولدت » الجنوبى الذى يجرى بمحازاة الساحل الغربى لأمريكا الجنوبية ويجلب معه البرودة إلى أقصى الشمال ،

ولما كان حجم معين من الماء إذا ارتفعت درجة حرارته درجة واحدة يحتاج من الطاقة الحرارية قدراً يعادل ٣٠٠٠ ضعف ما يحتاجه حجم مكافىء من الهواء لترتفع درجة حرارته درجة واحدة أيضا ، فمن الطبيعى أن نتوقع أن التيارات المائية إذا ما تغيرت درجة حرارتها أو جادت بجزء صغير من طاقتها فإن ذلك الجزء يكفى لرفع درجة حرارة كميات وفيرة من الماء والمعروف أن تيار الهمبولدت البارد يسبب برودة الجو وجفافه « أى انعدام المطر تقريبا » فى الجزء الغربى من شاطىء بيرو وشمال شيلى ، إلا أن هذا التيار توقف عن سيره فى شهر مارس عام ١٩٧٥ لسبب غير معروف تماما ، واعقب ذلك ان ارتفعت فجأة درجة حرارة ماء البحر عن معدلها بما زاد على خمس درجات مئوية ، فكثر البخر وتغيرت أحوال الجو تغيرا عجيباً لم يألفه أهل تلك البقاع ، وتكونت السحب الركامية الشاهقة ، وانهمر منها المطر الغزير ، ودهش الأهالى لسماع هدير الرعد الذى لم يألفوه بل ولم يسبق أن سمعوه من قبل ! واكتسحت السيول التى نجمت عن المطر الغزير مدينة كلاو من أعمال الارجنتين ، كما بلغت كمية المطر المتساقط فى يوم واحد ٢٢٥ ملليمترا ، وهو رقم يفوق متوسط ما يسقط من مطر قرب ساحل مصر خلال عام بأكمله .

التكاثف فى الجو وصوره

التكاثف هو تحول بعض بخار الماء العالق فى الهواء إلى نقط من الماء أو بلورات من الثلج ، وهو بذلك يمثل العملية العكسية للبخر . وينتج التكاثف عن تبريد الهواء الحامل لبخار الماء ، لأن التبريد يقلل من قدرة الجو على حمل أبخرة المياه حتى يصل إلى درجة يتحول فيها بخار الماء إلى صورة من صور التكاثف .

والتكاثف فى حد ذاته ظاهرة مألوفة تشاهد مثلا عندما نعرض كوباً من الماء المثلج للهواء فى فصل الصيف ، فإننا لا نلبث أن نشاهد ترسب نقط من الماء على سطح الكوب الخارجى بسبب تبريد الهواء الملاصق لهذا السطح بتوصيل البرودة من الكوب إلى الهواء ، أو بمعنى أصح بسبب نقص درجة حرارة الهواء الذى حول الكوب . ولكى تتم عمليات التكاثف فى الجو تستخدم الطبيعة طريقة من طرق التبريد مثل : الإشعاع الحرارى ، ومثل التوصيل الحرارى ، ومثل مزج أو خلط أهوية باردة بأخرى رطبة دافئة ، إلا أن هذه الطرق

كلها لاينجم عنها تكاثف مستمر وإنما يكون التكاثف محدوداً في صورة شابورة أو ضباب أو ندى ، أما التكاثف المستمر فينجم عن عمليات التبريد الذاتى عندما يصعد الهواء إلى أعلى ، ولذلك تستخدم الطبيعة هذه الطريقة فى تكوين السحب والمطر بأنواعه .

وهناك عامل أساسى يجب أن يتوفر فى الجو ليحدث التكاثف فى أى صورة من الصور ، هذا العامل هو أن تنتشر فيه جسيمات صغيرة خاصة تعرف باسم « نويات التكاثف » ، وذلك لأن جزيئات بخار الماء السابحة فى الهواء لا يمكنها أن تتجمع لتكون نقطاً من الماء مثلا لمجرد الصدفة ، فأصغر نقط الماء حجما يلزمها تجمع مايربو على ١٠٠ جزىء على الأقل من أبخرة المياه ، وليس من السهل تجميع مثل هذا العدد إلا إذا تواجد ما يجذب هذه الجزيئات واحدة تلو الأخرى ويبقيها متماسكة ، وهذا هو عين عمل نويات التكاثف . وكان المعتقد إلى عهد قريب أن نويات التكاثف هذه ما هى إلا ذرات الغبار العالق فى الجو ، ولكن أثبتت التجارب خطأ هذا الرأى فقد حللت أجزاء من السحب ووجد أن من مكوناتها جسيمات متميعة ، أى تمتص الماء وتذوب فيه ، ومصدر هذه الجسيمات

أملاح البحار وما يتطاير منها مع تيارات الهواء المختلفة ، ومركبات الأوكسجين والأزوت الناتجة من مرور الأشعة فوق البنفسجية خلال الجو أو التى تكونها عواصف الرعد ، وكلورور الكلسيوم ، بالإضافة إلى كثير من الحوامض التى تنتج من عمليات الاحتراق المختلفة . وقد يكون البعد عن البحر وما يصحب ذلك من نقص فى نويات التكاثف النشطة من أسباب قلة المطر فى الداخل ، ولهذا السبب يحسن دائماً أن تعمل دراسات محلية لتوزيع نويات التكاثف فى كل قطر ، خصوصاً إذا رئى إجراء التجارب على عصر السحب العابرة أو ما يسمى « المطر الصناعى » .

ويلاحظ أن بعض هذه النويات أصله صلب ، كما أن بعضها سائل ، فإذا حدث التكاثف تحت درجة الصفر المئوى « نقطة الجليد » وكانت هنالك نويات صلبة فى الجو فإن بخار الماء العالق فيه يتحول مباشرة إلى بلورات من الثلج قد تنمو حتى تصبح صفائح رقيقة أو نجوما تتساقط إلى الأرض بفعل الجاذبية أما إذا لم تتوافر النويات الصلبة فإن التكاثف يتم فى صورة نقط من الماء « فوق المبرد » . ويمكن أن تظل هذه

النقط على حالة السيولة تحت درجات منخفضة قد تصل إلى ٤٠ درجة مئوية تحت الصفر .

وظاهرة « فوق التبريد » هذه رغم أنها من ظواهر الجو الطبيعية التى تلازم عمليات التكاثف تحت درجات منخفضة دون الصفر المئوى فى حالة انعدام نويات التكاثف الصلبة ، إلا أن النقط فوق المبردة هى عادة نقط غير مستقرة ، بمعنى أنها تتجمد كلها أو بعضها لمجرد تصادمها بجسم آخر صلب .

وأهم صور التكاثف فى الجو هى : الشابورة أو الضباب ، والندى ، والصقيع ، والسحب بكافة أنواعها ، والمطر ، والبرد ، والثلج . ويلازم ظهور الشابورة أو الضباب ظاهرة التبريد بالإشعاع الحرارى أثناء الليل أو هبوب تيار هوائى رطب دافىء فوق سطح بارد . والشابورة قطرات من الماء صغيرة الحجم يهبط معها مدى الرؤية بحيث لا يقل عن ١٠٠٠ متر ، وإلا سميت ضباباً . وللضباب مواسم معلومة فى كل قطر ، ففى مصر مثلا يكثر الضباب نسبياً فى الخريف ويقل فى الربيع ، وفى شمال أمريكا وسيبيريا يكثر فى الصيف ، أما فى فرنسا فيزداد فى الشتاء . وهناك أيضاً ضباب المدن ، وسببه انتشار دخان المصانع والمواقد والأفران داخل المدن

الكبيرة أو الصناعية مع ركود الهواء كما يحدث فى لندن مثلا ، وكما يحدث فى بعض أجزاء القاهرة أحياناً مع الجو الملائم بسبب انتشار المصانع فى أطرافها .

أما الصقيع فهو جليد يكسو الأجسام الصلبة القريبة من سطح الأرض ، وظروف تكونه كثيراً ما تكون هى نفس ظروف تكون الندى إلا أن درجة الحرارة يجب أن تكون دون الصفر ، حيث يتم التكاثف إلى ثلج مباشرة . وفى كثير من البقاع الباردة يسبب الصقيع اضراراً بالغة بالمنشآت المعرضة للجو مثل أسلاك التليفون التى تتمزق إرباً بازدياد وزن الصقيع المترسب عليها . وفى البلاد الزراعية يتركز خطر الصقيع فى اتلاف المحاصيل أو قتل النبات . ويقاوم الصقيع صناعياً بطرق شتى منها التدخين ، لأن انتشار الدخان يحفظ حرارة الهواء السطحى بالتقليل من فقد الحرارة بالاشعاع أثناء الليل . ولعل أكثر مناطق مصر استعدادا لظهور الصقيع فيها هى* :

١ — المناطق الصحراوية فى شبه جزيرة سيناء .

٢ — منخفض القطارة فى الغرب .

(*) عن تقرير اللجنة الزراعية بمصلحة الأرصاد الجوية عام ١٩٥٣

٣ — منطقة المنيا ، والمنخفض المحصور بين نجع حمادى واسنا فى الشرق والواحات الخارجة فى الغرب .

٤ — منطقة القرشية وميت غمر .

ولا يخلو الصقيع من الفائدة فى بعض الحالات ، فأشجار الفاكهة المتساقطة الأوراق « كالتفاح والكمثرى والخوخ والبرقوق » تحتاج لنجاح نموها وأثمارها إلى دور سكون فى الشتاء ودرجات من الحرارة المنخفضة أثناء ذلك يوفرها الصقيع قبل فصل النمو فى الربيع . وكذلك لا يخلو الندى من بعض الفوائد ، إذ تستخدمه بعض نباتات الصحارى والبيئات الجافة كمصدر أساسى من مصادر الماء اللازم لها . ويعطى الجدول رقم (٦) بيانا ببعض قيم الندى التى رصدت فى برج العرب قرب ساحل مصر الشمالى .

وما السحاب إلا مجموعات ضخمة من نقط الماء المختلفة الحجوم والصفات أو من بلورات الثلج أو منهما معاً ، ومن السحب ما هو قابل للنمو أو التراكم فى الاتجاه الرأسى مع تيارات الحمل الصاعدة ، ولذا تعرف باسم الركامية ، ومنها ما ينجم عن رفع طبقة من الهواء برمتها تدريجيا بحيث تتكون طبقة من السحاب الذى يعرف باسم الطبقى . وتهبط أغلب مكونات السحب متأثرة

بجذب الأرض لها بسرع تختلف ، باختلاف حجوم هذه المكونات ، إلا أن تيارات الحمل التى تسبب التكاثف بالتبريد الذاتى تعمل على حمل هذه المكونات ضد الجاذبية الارضية .

الشهر	عدد مرات الرصد	وزن الندى المترسب جرام / سم٢
مارس	١٥	٥و٠
ابريل	١٧	٦و٠
مايو	١٩	٧و٠
يونيو	٢١	١و٠
يوليو	١٨	٢و٥

جدول رقم (٦) ترسب قطر الندى فى برج العرب

أما المطر فهو نقط من الماء أو بلوارات الثلج أو البرد كبر حجمها وازداد وزنها بعد أن تكاثرت داخل السحب فتساقطت من قواعدها . ويشتد الهطول خاصة حيث تنشط عمليات تصادم مكونات السحب مع بعضها « بسبب فروق سرعة الهبوط » ، ومن ثم التصاقها ، ويبين الجدول رقم (٧) كيف أن النقط الصغيرة تهبط بسرعة صغيرة جداً بالنسبة للهواء الساكن ، بينما قد تصل

سرعة تساقط النقط النامية إلى حدود ٨ أمتار فى الثانية ، وهى أقصى سرعة ممكنة إذ أن النقط الكبيرة تنقسم على نفسها ولا تستطيع التماسك بمجرد ازدياد أنصاف أقطارها على ٢٧و٠ سنتيمتراً .

نصف القطر بالسنتيمتر	سرعة السقوط سم/ثانية	نصف القطر بالسنتيمتر	سرعة السقوط سم/ثانية
٠و٠٠٠٥	٠و٣	٠و٠٢٠	١٨٠
٠و٠٠١٠	٣و٠	و١٠٠	٤٠٠
٠و٠٠٥٠	٣٢	٠و٢٢٥	٥٠٠
٠و٠١٠٠	١٣٦	٠و٢٧٠	٨٠٠

جدول رقم (٧) سرعة تساقط نقط المطر المختلفة
الحجوم بالنسبة للهواء الساخن

وتنقسم السحب من حيث مناطق تواجدها فى الجو إلى عائلات ثلاث هى :

١ — السحب العالية ، ومناطق تولدها فى طبقـات التروبوسفير الوسطى والعليا ، ومكوناتها بلورات الثلج ، ولذلك فهى لاتحجب قرص الشمس أوالقمر . وأشهر أنواعها السمحاق

بنوعيه الطبقى والركامى . والسمحاق « أو السيرس كما يسميه الفرنجة » عموماً سحب حريرية شفافة نوعاً بيضاء اللون لا ترمى ظلالا ، وتظهر فى مجموعات أغلبها على شكل خصائل أو خيوط مفرودة أو ملتوية . وظهور السمحاق فى السماء يعد دليلا على ابتداء موجة من الجو الدافىء فى الشتاء أو الحار المقبض فى الربيع .

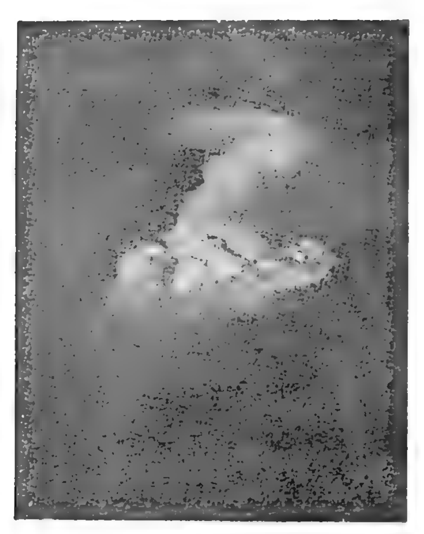
٢ — سحب متوسطة الارتفاع ويقل ارتفاع قواعدها عن مستوى السحب العالية غالباً ، ومكوناتها بلورات من الثلج مع نقط من الماء ، وأشهر أنواعها الركام المتوسط والطبقى المتوسط . والركام المتوسط كتل كروية الشكل ترمى ظلا إذا كانت سميكة ، وتظهر فى صفوف متوازية ، أو على شكل أمواج ، ومنها ما يسبق ظهوره اقتراب عواصف الرعد وعدم استقرار الجو العلوى . أما الطبقى المتوسط فهى سحب رمادية أو زرقاء اللون تظهر على شكل طبقة متصلة تغطى أغلب السماء أو جميعها ، وتحجب الشمس إن كانت سميكة ، أما إذا كانت رقيقة فإنه يمكن رؤية الشمس أو القمر خلالها ، ويكون القرص محاطاً بشبه إكليل فيه ألوان الطيف المرئى متداخلة . ويجوز أن يتساقط المطر أو الثلج أو كلاهما معاً من الطبقى المتوسط ، إلا أن أغلب

مثل هذا الهطول يتبخر قبل وصوله إلى سطح الأرض لبعد المسافة بينها و بين قواعد هذه السحب .

٣ — سحب منخفضة ، وقد تصل قواعدها إلى سطح الأرض ، خصوصاً فى المناطق الجبلية ، ومكوناتها نقط من الماء ، وقد يتواجد الثلج فى قممها ، وأشهر أنواعها الركام ومنه الركام المزنى « أو الكيوميولونمبوس » ، والركام الطبقى والمزن الطبقى « أو النمبوستراتس » .

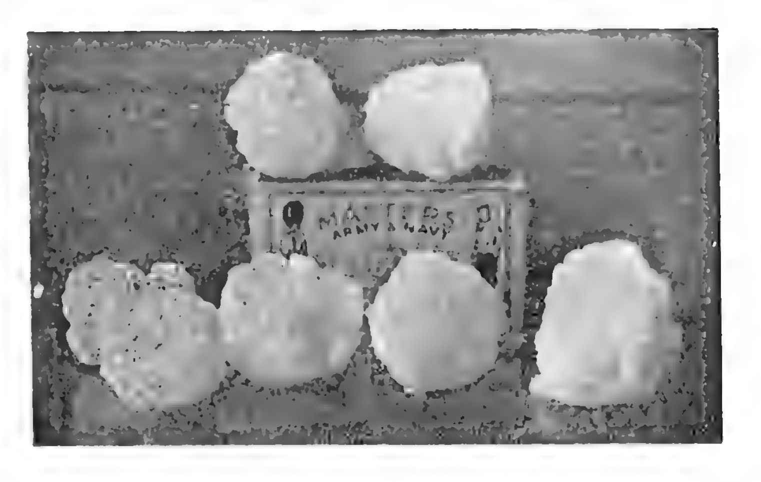
والركام عموماً « خلايا » أو وحدات سحب تمتاز بظهورها فى صورة كسف أو كتل متفاوتة الحجم ، إلا أنها ذات تكوين رأسى ملحوظ . ولكى تنمو هذه السحب لتجود بالمطر تتحد خليتان أو ثلاث أو أربع خليات منها لتكون الركام المزنى الذى يشمخ إلى عنان السماء كالجبال العالية ، وقد تصل قممها إلى ارتفاع سحب السمحاق — شكل (١٢) —

وهذه السلسلة من خطوات التكوين والتأليف بين الخلايا يصفها القرآن فى بساطة فى سورة النور إذ يقول : « ألم تر أن الله يزجى سحاباً ثم يؤلف بينه ثم يجعله ركاماً فترى الودق يخرج من خلاله وينزل من السماء من جبال فيها من برد . . . »



شكل (١٢) سحاب ركامى نام

والبرد غير الثلج ، إذ أنه لا يتساقط كالصفائح الرقيقة ، ولكن على هيئة الكور الصغيرة ، ولا بد لتساقطه من وجود السحب النامية « بعكس الثلج » . ومن البرد ما يبلغ طول قطره عدة سنتيمترات — شكل (١٣) — وأغلب تساقطه فى عواصف الرعد العنيفة .



شكل (١٣) برد بحجم الليمون

ومن أمثلة ذلك ما حدث فى شمال مصر فى مايو عام ١٩٤٥ إذ تساقط برد بحجم الرمان ، أما حبات البرد الصغيرة فهى مألوفة فى مصر وتتساقط عادة مع أمطار الشتاء ويطلق عليها الناس اسم « الملح » ، إلا أنه سريعاً ما يذوب ويتحول إلى ماء سائل .

أما الثلوج فهى تتساقط فى الشتاء على جزء كبير من المناطق الباردة ، ويتفاوت سمكها من نحو ٥ سنتيمترات إلى متر أو أكثر ، وتسبب هبوطاً فى حرارة الجو ، كما تعكس نسبة كبيرة من الإشعاع الشمسى . وفى البقاع التى يغطيها الثلج لا يمكن أن ترتفع درجة حرارة الجو فوق الصفر إلا بعد ذوبان الثلج كله حتى رغم سطوع الشمس .

وعندما تتراكم الثلوج على الجبال فى الشتاء ، ثم تذوب فى الربيع يسبب ذوبانها فيضان الأنهار ، ولهذا يزداد منسوب الأنهار التى تنبع من الجبال الثلجية فى فصل الربيع .

ويبدأ ظهور الثلوج فى أوروبا عادة من ديسمبر ، ويختفى ظهورها من مايو . ويندر سقوط الثلج فى شمال إفريقية فى الشتاء ، ولكن لشدة البرودة فى أعالى الجو تغطى قمم الجبال العالية بالثلوج طوال العام ، كما هو الحال فى جبال القمر

« وكذلك الكليمانجارو » بهضبة البحيرات التى ينبع فيها النيل .
ويسمى الارتفاع الذى تظهر عنده الثلوج الدائمة باسم « حد الثلج الدائم » ، ويبلغ ارتفاعه نحو ١٢٠٠ متر فى النرويج ، ونحو ٢٧٠٠ متر فى الألب ، ونحو ٥٥٠٠ متر على جبال الكليمانجارو ، ونحو ٦٥٠٠ متر على جبال مكسيكو ؛ وهكذا يتغير ارتفاع هذا الحد الدائم بتغير الوضع على سطح الأرض ، وكذلك بتغير كميات الثلج المتراكم طول العام ، ونوع وطبيعة الرياح السائدة ودرجة التعرض للإشعاع الشمسى .

عواصف الرعد

الرعد من ظواهر الجو المألوفة ، فهي تحدث في كافة أرجاء الأرض ما عدا المناطق القطبية ، ويكثر حدوثها في الأماكن الاستوائية حيث يسبقها هدوء الجو ، وتمتاز الشواطيء والجزائر الجبلية الاستوائية بتكرار حدوثها كل يوم تقريباً طوال العام .

وينجم الرعد عن تفريغ شحنات كهربائية عظيمة تتكون داخل السحب ، ويتم التفريغ الكهربائي بين السحب وبعضها البعض أو بين السحب والأرض ، وتسمى في هذه الحالة الأخيرة باسم الصاعقة . وبطبيعة الحال يصحب التفريغ الكهربائي انبعاث شرارات عظمى هي البرق ، ويسبب البرق تسخينا شديدا وفجائياً في مناطق الهواء التي ينبعث فيها ، فتتمدد تلك الطبقات فجأة وتولد سلسلة من أمواج التضاغط والتخلخل في الجو المحلي هي الرعد . أما جلجلة الرعد المعروفة أو هديره المألوف فإنما يعزى إلى ما يعترى سلسلة الأمواج الصوتية هذه من عدة انعكاسات من قواعد السحب والمرتفعات القريبة ونحوها .

ولقد وجد بالحساب ان متوسط عدد عواصف الرعد التى تحدث على الأرض فى اليوم الواحد يبلغ أكثر من ٤٠ ألف عاصفة ، أى بمتوسط قدره نحو ١٨٠٠ عاصفة فى الساعة الواحدة وتستهلك العاصفة فى المتوسط نحو ٢,٥ مليونا كيلو وات *ساعة ومن ذلك نجد أن عواصف الرعد تستهلك من الطاقة الكهربائية فى جو الأرض مايبلغ نحو ١٠^١٠ كيلو وات ساعة ، وهى طاقات تبلغ من الكبر درجة جعلت العلماء يحاولون إيجاد تفسيرات علمية لطرق تولدها ؛ وفيما يلى مجمل لهذه التفسيرات :

أولا : النظرية القديمة الأولى أو نظرية ولسون ، وفيها اعتبر ولسون « صاحب التجارب الكهربائية المعروفة » أن السحابة تتكون من عدد من النقط الكبيرة النامية المشحونة بالكهربائية السالبة ، وعدد من النقط الصغيرة المشحونة بالكهربائية الموجبة ، وبما أن النقط الكبيرة تهبط بمعدلات أكبر من غيرها ، فانه سرعان ما تتركز الشحنات السالبة قرب القاعدة والشحنات الموجبة قرب القمة ، وتبقى بينهما منطقة فيها خليط من الشحنتين ، وبذلك تصبح السحابة ذات قطبين

(*) الكيلو وات ساعة يعادل نحو ٦١٠ سعر حرارى ، ويبلغ ثمنه نحو ٣٠ مليما .

فى طرفيها مختلفى الشحنة . ويتجاذب هذان القطبان ويعظم التجاذب بينها كلما ازدادت قيم الشحنات فيهما ، ويتبع ذلك نقص ظاهر فى سرعة هبوط النقط الكبيرة ؛ ثم يتم التفريغ الكهربائى بين القطبين فى النهاية عندما لا يقوى الهواء على عزل شحنيتهما عن بعضهما البعض .

وتفترض هذه النظرية أن أساس الشحنات الكهربائية التى سلمنا بوجودها فى بادىء الأمر هو وجود عدد وفير من الإيونات « أو الجسيمات المتحللة إلى عناصرها الكهربائية بفعل الأشعة فوق البنفسجية » البطيئة الحركة فى الجو ، وهى تكون جانباً هاماً من نويات التكاثف إذ تترسب عليها جزئيات الماء فى صورة نقط صغيرة جداً ؛ وتتحرك هذه الايونات ببطء بالنسبة إلى النقط النامية التى تهبط بفعل الجاذبية . ولكى تشحن السحابة لأول مرة بالكهربائية تكفى الايونات الموجودة أصلا فى جو السحابة لتولد الشحنات السالبة والشحنات الموجبة معاً ، وقد تستنفذ جميعها فى هذا الغرض . أما المراحل التى تلى عملية الشحن الأول للسحابة ففيها تتولد الايونات بمعدلات كبيرة وكميات وفيرة بسبب سلسلة التفريغات الكهربائية المحلية ، إذ تستطيل النقط النامية تحت تأثير المجالات والشحنات الكهربائية

المتولدة بحيث تصبح مدية الأطراف ، ويتبع ذلك سلسلة من التفريغات الكهربائية عندما يحتك الهواء ومحتوياته بهذه الأطراف ، ويتم شحن النقط الكبيرة بالكهربائية السالبة والنقط الصغيرة بالكهربائية الموجبة مرة أخرى وهكذا . . .

وحديثاً ظهر أن الأشعة الكونية المقبلة من الشمس تلعب دورا هاما فى توليد تيار يستمر من الأيونات فى جو الأرض كله .

ثانيا : النظرية القديمة الثانية ، أو نظرية سمسون ، وكان سمسون هذا مديراً لمصلحة الأرصاد الجوية التابعة لوزارة الطيران البريطانى ، وتقول نظريته إن سبب شحن السحب بالكهربائية التى ينجم عنها الرعد إنما يرجع أصلا إلى عمليات انقسام نقط الماء النامية داخل السحب ، فنى ابتداء العاصفة تصل سرعة تيارات الحمل الصاعدة إلى أكثر من ٣٠ كيلومترا فى الساعة أو نحو ٨٣٠ سنتيمترا فى الثانية ، وبذلك يتعذر نزول أغلب المطر ، وتبقى النقط داخل السحب وتنمو حتى تصل إلى الحد الذى لا تقوى فيه على التماسك — راجع الجدول رقم (٦) فتنقسم إلى نقط أصغر لا تلبث بدورها أن تنمو ثم تنقسم وهكذا . . .

وتفترض هذه النظرية أنه كلما انقسمت نقطة كبيرة

إلى مجموعة من النقط الصغيرة انفصلت شحنة من الكهربائية الموجبة واستقرت على قطرات الماء الناتجة من عملية الانقسام ، بينما تستقر شحنة مساوية لها من الكهربائية السالبة على تيارات الحمل الصاعدة ، وتحمل هذه التيارات الشحنات السالبة إلى القمة وإلى مؤخرة السحابة ، أما الشحنات الموجبة فتتركز فى أسفل المقدمة حيث تكثر النقط النامية ، ويبقى فى وسط السحابة خليط من شحنات موجبة وأخرى سالبة . ومهما يكن من شىء فقد سقطت هذه النظرية بصفة نهائية ولم يمكن تحقيقها عمليا .

ثالثا : النظرية الحديثة ، أو نظرية الشحنات التى تلازم عمليات نمو المكونات الثلجية ، وهى تبرهن بالتجربة على أن الشحنات الكهربائية إنما تتولد فى مناطق السحب الركامية التى تنخفض درجة حرارتها تحت الصفر المئوى كنتيجة طبيعية لنمو المكونات الثلجية للسحابة . ودلت التجارب داخل المعامل على أن المكونات الثلجية عندما تنمو بعمليات التكاثف تكتسب شحنات سالبة ، وقد قيست هذه الشحنات بالفعل ، واستخدمت هذه القياسات فى حساب الشحنات التى تتولد داخل السحب الركامية النامية ، ووجد أنه يمكن أن تنشأ شحنات مثل ألف مليون فولت خلال ١١ دقيقة فقط عندما تنشط عمليات التكاثف

فوق مستوى ١٠ درجات مئوية تحت الصفر ، كما يمكن أن تحمل هذه الشحنات الهائلة مع المكونات النامية عند تساقطها إلى أسفل السحابة بينما تنفصل شحنات أخرى موجبة بنفس المعدل . وتفسر لنا هذه الحقيقة ظاهرة امكان حدوث التفريغ الكهربائى « البرق » كل عدة دقائق فقط . والثابت أن الجزء الأعظم من الشحنات فى عاصفة الرعد يتولد عندما تقترب أقطار المكونات الثلجية من حدود ، ٢ ملليمتر .

وأثبتت الأرصاد أنه فى السحب المشحونة بالكهربائية تستقر الشحنات السالبة بجوار قواعد السحب ، قرب مستوى ٥درجات مئوية تحت الصفر ، بينما توجد الشحنات الموجبة الرئيسية فى مستويات أعلى ، كما توجد أحيانا شحنات موجبة ثانوية أدنى القاعدة ، عند مستوى الصفر المئوى أو تحته . ويتم التفريغ الكهربائى إما بين أجزاء السحابة الواحدة ، أو بين سحابتين متجاورتين ، أو بين السحابة وسطح الأرض كما سبق .

وفى العادة يتم التفريغ الكهربائى بين السحب وسطح الأرض خلال الأجسام المرتفعة أو القابلة للتوصيل الكهربائى ولهذا يتعرض الشجر وخاصة البلوط والحور للصواعق ،

كما تتعرض لها السفن فى عرض البحر . وإذا أصيب شخص بمس من صاعقة وجبت المبادرة إلى إجراء التنفس الصناعى له لمدة لا تقل عن ساعة ، فكثيراً ما تفلح هذه العملية .

ويمكن أن يتجنب خطر الصواعق باستخدام « مانعة الصواعق » وهى عبارة عن شاخص من النحاس طرفه العلوى مدبب . وهو يثبت على قمم المبانى العالية ويتصل من أسفل بسلك معدنى غليظ ينتهى بلوح من المعدن يدفن فى باطن الأرض الرطبة لكى يكون . موصلا جيدا تسرى خلاله الكهربائية الجوية بسهولة وتنطلق أولا بأول إلى باطن الأرض فلا تصيب الصواعق بأضرارها المناطق المجاورة .

ومن المعروف أن تيارات الحمل لا تشتد فى المناطق القطبية لعدم توفر الطاقة اللازمة لها ، وبذلك لا تنمو فيها مكونات السحب الثلجية نموا ملحوظاً ، ولا تصل أقطارها إلى الحجوم التى تتولد عندها الشحنات الكهربائية بوفرة وغزارة « مثل ٢ ملليمتر » ، إذ لا تقوى تيارات الحمل الضعيفة على حمل مثل هذه المكونات النامية ، فنجدها تتساقط قبل إتمام نموها ، وينتج عن ذلك كله ضعف فى شحن السحابة وعدم حدوث الرعد ، مما يفسر لنا تميز المناطق القطبية بانعدام حدوث الرعد .

الغبار الجوى

هو مجموعة الجسيمات الصغيرة والشوائب الصلبة التى تضيفها الطبيعة إلى الهواء ، سواء كان أصلها معدنياً أو حيوانياً أو من النبات . وتختلف درجة تركيز الغبار فى الجو « أو عدد هذه الجسيمات الموجود فى سنتيمتر مكعب واحد من الهواء » ومتوسط حجم حبيباته وخواصها الطبيعية اختلافا كبيراً بتغير الزمان والمكان وتبعاً للكتلة الهوائية السائدة . وفى الجمهورية العربية تصل درجة التركيز أدناها فى الهواء البارد أو المنعش الذى ينساب إليها عبر البحر المتوسط قبل أن يثير أتربة الصحارى ورمالها ، وفيه لا تتعدى درجة التركيز عشرات الحبيبات لكل سنتيمتر مكعب من الهواء ، هذا وتصل درجة التركيز أكبر قيمة لها فى الأهوية القبلية عادة ، خصوصاً عندما تثير رمال الصحارى أثناء العواصف الرملية ونحوها حيث ترتفع درجة التركيز إلى عشرات الآلاف بل ومئاتها .

وأهم المصادر الطبيعية للغبار الجوى هى :

١ — مساحيق الأتربة وحبيبات الرمل الدقيقة التى تثيرها الرياح من الصحارى والوديان الجافة المكشوفة .

٢ — جسيمات أصلها حيوانى أو نباتى ، وهى تكثر فى الأراضى الزراعية والوديان ثم على شواطىء البحار .

٣ — ما تقذفه البراكين من جوفها من أتربة ورمال وجسيمات مفتتة ، وماينتج من احتراق الشهب والنيازك . وتتميز البراكين بأن فى مقدورها أحياناً أن تقذف بالرماد وسحبه إلى ارتفاعات شاهقة ، تزيد أحياناً على ٣٠ كيلو متراً ، بحيث تدخل السحب طبقة الستراتوسفير وتظل عالقة فيها أو سابحة خلالها فترات كبيرة من الزمن تقدر أحياناً بمئات السنين . وتحجز هذه السحب كثيراً من إشعاع الشمس وتحول دون وصوله إلى سطح الأرض ، فتزداد البرودة فى الطبقات السطحية . ويعتقد المؤلف أن نشاط البراكين ووفرتها وما أثارته من سحب الرماد والدخان التى قذفت بها إلى أعالى الجو قبل العصر الجليدى الأخير كان هو السبب المباشر فى ظهور العصر الجليدى نفسه على الأرض بعد ثورتها تلك .

وفى هذا العصر تكون الصحارى أهم مصادر الغبار الجوى وتسبب ذرات الأتربة العالقة فى الجو كثيراً من ألوان سمائها الأخاذة عند الشروق وعند الغروب ، أى عندما يكون مسار أشعة الشمس أطول ما يمكن فى طبقة الهواء السطحية . ومن أهم

هذه الألوان الأحمر فالبرتقالى فالأصفر ، لأن الذرات العاملة على التشتت تكون كبيرة نسبياً . والمعروف أنه كلما زادت سرعة الرياح فى المناطق الترابية أو الرملية كلما قلت قدرة الحبيبات على الاحتفاظ بأماكنها والثبات على سطح الأرض « القشرة المعرضة للرياح مباشرة » ، حتى إذا ما بلغت سرعة الريح قدراً معيناً « يطلق عليه علمياً اسم السرعة الحرجة » تطايرت الأتربة وحبيبات الرمال وذراتها ، مندفعة إلى الهواء ومنطلقة معه ؛ وكلما زادت سرعة الرياح بعد ذلك انبثقت الجسيمات من السطح انبثاقاً وزادت كمياتها وحجومها ووصلت إلى ارتفاعات شاهقة ، حتى إذا ما بلغت الرياح قوة العاصفة يكون الجو قد امتلأ بالأتربة والرمال المختلفة الحجم والصفات إلى علو قد يربو على ثلاثة كيلو مترات .

والمعروف أن قيمة السرعة الحرجة فى أى مكان تتوقف إلى حد كبير على حجم حبيبات الرمال السائدة وطبيعتها ، ولكل منطقة أو بيئة طبيعية متوسط سرعتها الحرجة الخاصة بها ، وقد تتغير هذه السرعة إذا تغيرت حجوم الحبيبات لسبب من الأسباب الطبيعية « أو التى من صنع الطبيعة » أو الصناعية « وهى التى من صنع الإنسان » ؛ فقد يحدث فى منطقة الخرطوم بالسودان

مثلا أن تكون السيول ومجارى المياه الدافقة عقب موسم الأمطار سبباً فى تغطية سطح السهول المجاورة بترسبات من الطمى الدقيق الذرات جداً ، ويعقب ذلك انتشار عواصف الرمال « الهبوب كما تسمى هناك » فى موسم الجفاف . ولعل من أهم أسباب تفتيت حبيبات سطح الأرض صناعياً وسائل النقل أو الوحدات الميكانيكية ، كما حدث فى منطقة برج العرب بين عامى ١٩٤١ و ١٩٤٥ ، كما يحدث عادة على الطرق غير المرصوفة « داخل المدن أو الطرق الزراعية » ويبين الجدول

السنة	مدى الرؤية من ٢٠٠ إلى ٧٠٠ متر	متوسط سرعة الرياح سم/ثانية	مدى الرؤية بين ٧٠٠ و ١٠٠ متر	متوسط سرعة الرياح سم/ثانية
١٩٤١	٣١	٧٢٠	صفر	—
١٩٤٢	٢٦	٨١٠	صفر	—
١٩٤٣	٠٤	١٢٦٠	صفر	—
١٩٤٤	١٦	١٢١٠	٢٠	٧٤٠
١٩٤٥	٠٢	١٥٧٠	٣	١١٢٠

جدول رقم (٧) مرات الأجواء المتربة
برج العرب من ١٩٤١ إلى ١٩٤٥

رقم (٧) كيف أثر صغر حجم الرمال الصحراوية التى سحقتها الوحدات الميكانيكية سحقاً فى تلك المنطقة أثناء الاستعداد لمعركة العلمين وخلالها فى تناقص متوسط السرعة اللازمة لتولد عواصف الرمال المختلفة ، وكيف أن مدى الرؤية هبط فعلا بهذا العامل فى العامين ١٩٤١ و ١٩٤٢ ثم تحسن تدريجياً بعد ذلك .

وقد نشر المؤلف نتائج سلسلة من البحوث التى أجراها فى مصر خلال العشر سنين الأخيرة فى موضوع الغبار الجوى الذى تثيره الطبيعية من حيث طبيعته وحجومه ودرجات تركيزه وتأثيره على درجة حرارة الجو ورطوبته . وأجريت القياسات باستخدام « عداد أوين » ثم باستخدام « الرسب الحرارى » ، وهو من الأجهزة الشائعة الاستعمال فى أغلب المناجم والمصانع . وتبعاً لهذه النتائج قسمت أجواء مصر المتربة تمشياً مع التعاريف الدولية إلى ثلاثة أنواع هى :

١ — الشابورة الترابية (ويمكن أن ترى فيها الأشياء بوضوح على أبعاد تزيد على ١٠٠٠ متر مع رياح خفيفة عادة) ، بمعنى أن ذرات الغبار تكون قد أثيرت فى مكان بعيد وبقيت عالقة فى الجو بعد هدوء الرياح ، ولهذا فإن أغلب هذه الجسيمات صغير جداً . وقد ثبت بالتجربة أن متوسط قطر الحبيبة

فى مثل هذه الحالات نصف ميكرون ، أما درجة التركيز (أى عدد الجسيمات فى كل سنتيمتر مكعب من الهواء) فتتراوح بين ١٥٠ و ٢٠٠ حبيبة . وتظل هذه الجسيمات عالقة فى الجو مدة طويلة جدا دون أن تتساقط بفعل الجاذبية إلى الأرض بسبب صغر حجومها .

٢ — الرمال المثارة ، ومدى الرؤية فيها أكبر من ١٠٠٠ متر ، إلا أن الرياح شديدة ، وفى مثل هذه الحالات يبلغ متوسط قطر الحبيبة نحو ١,٣ ميكرون ، كما تتراوح درجة التركيز بين ٢٥٠ و ٣٠٠ حبيبة لكل سنتمتر مكعب من الهواء . ونظرا لصغر حجوم هذه الجسيمات فانها يمكن أن تظل عالقة فى الهواء مدة غير قصيرة .

٣ — عاصفة رملية ، ويقل فيها مدى الرؤية حتما عن ١٠٠٠ متر ، ويصل متوسط قطر الحبيبة إلى ٣ ميكرون ، كما تتراوح درجة التركيز عادة بين ٤٠٠ و ٥٠٠ حبيبة لكل سنتيمتر مكعب من الهواء فى كثير من الحالات داخل المدن ، أما فى الصحارى والوديان فان درجة التركيز تزيد على ذلك كثيرا جدا ، وقد تصل فى حالات « الهبوب » بالسودان إلى ١٠° حبيبة !

ويتضح مما سبق أن خير وسائل مقاومة الغبار الجوى

هى بالعمل على زيادة قيمة الرياح الحرجة ، وذلك بالحد من تولد الحبيبات الصغيرة على سطح الأرض إما طبيعيا أو صناعيا ، وكذلك بالعمل على تماسك الحبيبات الصغيرة التى على السطح وتحويلها قدر المستطاع إلى حبيبات كبيرة نسبيا ، والرش بالمياه وزيادة الرطوبة عموما من خير الوسائل المباشرة لإنجاز ذلك خلال فترات محدودة ، لأن الماء سريع التبخير كما يمتصه السطح خصوصا فى موسم الخماسين أو أثناء الصيف وفى الأراضى ذات المسام الكبيرة .

ولعل من خير المواد التى يمكن استخدامها لتثبيت الغبار والأتربة السطحية ومنعها من التطاير بسهولة هى محلول كلوريد الكلسيوم ، وهى مادة من خصائصها انها تزيد من تماسك حبيبات التربة بازدياد الرطوبة ، إذ تكون أشبه شيء بنويات التكاثف التى تتجمع عليها أبخرة المياه وتستخرج هذه المادة باضافة الجير المطفأ إلى كلوريد الأمونيوم حسب المعادلة الآتية :

جير مطفأ + كلوريد الأمونيا = كلوريد الكلسيوم

+ نوشادر

ويمكن أن يعاد استخدام النوشادر المتصاعدة فى تحضير مادة كربونات الصوديوم لأنها مطلوبة فى الأسواق وتستخدم لأغراض شتى .

هذا وإن قيام أية صناعة يستخدم فيها الوقود (أو الأفران) يتبعه حتما تسرب كثير من الشوائب إلى الجو المحلى ، إما فى صورة أتربة (كما هو الحال فى مصانع الأسمنت) ، أو فى صورة غازات (مثل غاز الكلور) ، أو أبخرة . وأغلب الأتربة جسيمات صلبة كثيرا ما يكون السبب فى وفرتها عدم إتمام عمليات الاحتراق أو تناثر فتات المادة ، وقد يكون أصلها عضوى أو غير عضوى . ويدخل تحت هذه القائمة بطبيعة الحال دخان المصانع والأفران ، ذلك الدخان الذى تختلط به أبخرة السوائل المتطايرة وأكاسيد بعض الفلزات . ولهذا السبب لا يصح الاكتفاء بإقامة المصانع والأفران خارج المدن أو على مشارفها كوسيلة كافية لتفادى تلويثها للجو ، وإنما يلزم أيضا أن تكون بعيدة بعدا كافيا وفى الأركان التى قلما تهب منها الرياح المحلية ، وهذه مسألة جوية بحتة ، وللأفران الذرية اعتبارات خاصة نظراً لخطورة الغبار الذرى عندما يتسرب إلى الهواء أو الماء أو الأرض بصفة مستمرة أو بكميات وفيرة .

ومن أهم أنواع الغبار الصناعى العضوى الذى ينجم عن دوام استنشاقه أو طول التعرض له ظهور أعراض بعض الأمراض : غبار الشعير ، وغبار القطن ، وغبار الطباق . أما الغبار غير

العضوى فهو بطبيعة الحال أعظم ضررا وأكثر خطرا ، فقد ينتشر على هيئة أبخرة أو غازات سامة مثل أبخرة الفضة والمنجانيز والنحاس والزنك والرصاص والزرنيخ والانتيمون والنيكل والكروم ، وغاز الفلور . هذا كما يسبب دوام التعرض لغبار المواد المشعة أو ما يتصل بها الاصابة بمرض السرطان :

وفى الغالب لكى تحدث حبيبات الشوائب إصابة أكيدة للرئة يلزم أن تكون أقطارها أقل من ١٠ ميكرون مع درجات تركيز عالية جدا (حسب التجربة) ؛ أما إذا تساقطت الذرات سريعا إلى الأرض بسبب كبر حجومها فانها تكون قليلة الخطر ويبين الجدول رقم (٨) سرعة تساقط جسيمات الرمل المختلف الحجوم بالنسبة للهواء الساكن .

نصف القطر بالميكرون	سرعة التساقط متراً فى اليوم	نصف القطر بالميكرون	سرعة التساقط متراً فى اليوم
١و٠	٦و٠	٥و٢	١٧٦
٥و٠	٢و٣	٠و٥	٦٩٠
٠و١	٣٠	١٠	عدة كيلو مترات

جدول رقم (٨) ــ سرعة تساقط حبات الرمل بالنسبة للهواء الساكن

وهناك بحوث عديدة تجرى فى المركز القومى للبحوث (وحدة الطبيعة الجوية) فى هذا الصدد ، وقد توصل الباحثون فى هذه الوحدة إلى نتائج عديدة هامة . ويوجه المختصون اهتماما خاصا بالغبار الصناعى واضراره الصحية ، خصوصا وقد قطعت جمهوريتنا شوطا كبيرا فى ميدان التصنيع ، وكان لزاما لمسايرة الركب أن يهتم بهذه الناحية من الدراسة .

وتتصل هـذه الدراسات كذلك بمسائل الصحة العامة ، ودراسات تطبيقية ونظرية عديدة فى مجال الطبيعة الجوية والكتل الهوائية والأوبئة الزراعية ونحوها

ويكاد لا يخلو جو المدن الكبرى من الشوائب الجوية ؛ وفى أغلبها يمكن التمييز بين طبقات ثلاث مترتبة فى سمائها على النحو الآتى :

١ ــ الطبقة السطحية ، وقد تمتد إلى أكثر من ١٥ مترا فوق سطح الأرض ، وأغلب مكوناتها الأتربة والشوائب التى تثار محليا ؛ وتلعب وسائل المواصلات المختلفة دوراً هاما فى إثارة هذه الشوائب واضافتها للهواء ، كما قد تحتوى هذه الطبقة على كثير من الجسيمات التى تترسب من الطبقتين المتوسطة والعليا عندما توجد إحداها أو توجدان معا .

٢ — الطبقة المتوسطة ، وتمتد إلى نحو ٣٠٠ متر ، وأغلبها من دخان المصانع والمطابخ والأفران . وكثيرا ماتهبط مكونات هذه الطبقة إلى قرب السطح تحت ظروف جوية ملائمة بفعل الجاذبية

٣ — الطبقه العليا ، وهى تصحب الهواء المترب ، وقد تمتد إلى ثلاثة كيلو مترات أو أكثر ، إلا أن مكوناتها تترسب أيضا إلى الطبقات السطحية ، وتتوقف سرعة الترسب هذه على طبيعة وحجوم الذرات ثم على سرعة الرياح السائدة . وأغلب تيارات الهواء الصحراوية مضبة مترية ، ولهذا نجد أن لدراسة درجات تركيز وحجوم الغبار الذى تحمله تيارات الهواء المختلفة أهمية عظمى فى تحديد وسائل مقاومة الغبار الجوى .

وعلى العموم ينساب الهواء المترب بسهولة فى طبقاته السطحية إلى داخل المدن على طول الشوارع والطرق المفتوحة التى تجرى فى اتجاهه ، ثم يترسب الغبار الجوى بوفرة عندما تقل سرعة الرياح داخل المدن ، ولهذا السبب نجد أن أغلب الاتربة فى القاهرة مثلا يترسب على شرفات المنازل وفى مداخلها وحجراتها الجنوبية ، على أن هنالك بطبيعة الحال ترسبات محلية تحدث فى الأركان المجاورة للشوارع المزدحمة أو غير المرصوفة أو الخرائب . . .

الطاقة الهوائية

الجو كآلة حرارية تتحرك أجزاؤها على الدوام وتنشط بالنسبة لبعضها البعض . ومن صور هذه الحركة الدورة العامة للرياح ، ومنها أيضاً الدورات المحلية ، مثل العواصف والأنواء ونحوها . . . وكلها تستلزم مصادر دائمة للطاقة فى جو الأرض . ولقد رأينا أن المصدر الوحيد لهذه الطاقة هو الإشعاع الشمسى غير المباشر ، أى الذى يستوعبه الغلاف الهوائى عن طريق سطح الأرض ، اليابس منه والماء .

ولكى نأخذ فكرة سليمة عن كميات الطاقة التى تصحب بعض تيارات الهواء المحلية نضرب مثلا بأن إعصاراً واحداً من أعاصير المناطق الحارة يستنفد من الطاقة ما يعادل القيمة التى تولدها ٣٠ ألف قنبلة ذرية ! كما أن مساحة قدرها كيلو متر مربع واحد يغطى نصفه فقط بالسحب الركامية فى منطقة هبوب الرياح التجارية على المحيطات يمكن أن تنقل إلى الجو العلوى كمية من الحرارة الكامنة (فى صورة بخار الماء) تعادل فى الدقيقة الواحدة ما ينطلق من مفرقعات الديناميت التى وزنها ألف رطل ! .

وفى بعض البلاد تستغل الطاقة الهوائية التى تصحب تيارات الهواء المحلية ، خصوصاً فى الأماكن المعرضة لهبوب تيارات دائمة كبيرة السرعة ، لتوليد طاقة حركة تستخدم فى أغراض شتى . وفى البيئات الصحراوية والمناطق البعيدة عن مصادر القوة المحركة يمكن رفع المياه الجوفية باستخدام الطاقة الهوائية . وتتلخص الطريقة المثلى لانجاز ذلك فى استغلال الرياح فى إدارة طواحين الهواء ، ومن ثم توليد طاقة ميكانيكية أو طاقة كهربية تكفى لرفع كميات المياه المطلوبة . ويختلف تصميم أغلب هذه الطواحين تبعاً لمتوسط سرعة الرياح السائدة ، فلكل مدى سرعة تقدير خاص بالمراوح ، ليصل انتاج الطاحونة أقصى قيمة ممكنة ؛ وعلى ذلك فإن أرصاد الرياح فى هذه البيئات تكون من الأهمية بمكان ، خصوصاً إذا قيست على ارتفاعات مناسبة بعيداً عن الحواجز والمعوقات .

والمفهوم أن متوسط القوة اللازمة لرفع المياه بمقادير يمكن أن يستفاد منها فى الزراعة لا تقل عن نحو (قوة ٥ أحصنة) ؛ ولهذا لا تصلح جميع البيئات الطبيعية لاستخدام الطواحين الهوائية . وقد نجح استخدامها فى الساحل الشمالى لمصر

وفى الواحات ، ويجرى بحث امكانيات استخدامها على نطاق أوسع فى بقاع كثيرة فى الوادى لنفس الغرض . ويمكن أن تعد أحواض خاصة تملأ بالمياه كلما توفرت الطاقة الكافية لتستخدم فى حالات ركود الريح .

وقديماً استخدمت الرياح التجارية ثم التجارية العكسية* فى دفع السفن الشراعية عبر المحيطات لغرض التجارة ، ولعل هذا هو السبب الذى حدا بالعرب لاطلاق هذا الاسم بالذات عليها ، فقد كانت هذه الرياح تهب فى مناطق نفوذهم والأرجاء التى قصدوها من أجل التجارة فى المحيطين الهندى والهادى ، ونقل الفرنجة عنهم هذا الإسم .

ومن طاقات الجو التى حاول العلماء استغلالها الشحنات الكهربائية التى تكتسبها السحب الركامية النامية ، والتى تقدر بمئات ملايين الفولت ، وذلك بنقلها إلى مكثفات كهربية معينة

(*) أصلها التجارية الجنوبية الشرقية التى تهب من نصف الكرة الجنوبى وتعبر خط الاستواء متوغلة فى بحار نصف الكرة الشمالى على هيئة تيارات جنوبية غربية أثناء الصيف ، إذ أن الدورة العامة للرياح إنما تتبع فى تحركاتها الوضع الظاهرى للشمس كما قدمنا .

وأول من حاول شحن المكثفات بكهرباء السحب هو بنيامين فرنكلين فى القرن الثامن عشر ، ولذلك ليدلل على أن البرق والرعد مجرد تفريغات كهربية . وقد استطاع أن يشحن بعض المكثفات بواسطة طيارة مشدودة إلى سلك موصل للكهربية ، وبذلك بدد الآراء القديمة التى منها — كما ظن الاغريق قديماً — أن الرعد والبرق من علامات غضب الآله (زيوس) عندما يدق بمطرقته على سندانه فى السماوات ! .

تحت رحمة الغلاف الهوائى

وفرت الطبيعة على الأرض كثيراً من الحالات الجوية المعتدلة التى أنجبت الحياة وصانتها فى مراحلها المختلفة ؛ ومزيداً من الظروف الحسنة التى قلما تضارعها أى ظروف أخرى مماثلة فى اجرام السماء كافة . ونحن ليس فى وسعنا أن نقدر هذه الحقيقة حق قدرها مادمنا نجهل ما يجرى خارج نطاق جو الأرض . ورغم أن العلم يثبت أن أرضنا طيبة ومباركة حقاً ، إلا أنه كثيراً ماترتفع صيحات البشر على الأرض ويعلو ضجيجهم ويعم سخطهم إذا ما مرت بهم موجة حارة خلال الصيف ، أو أخرى باردة شديدة الزمهرير فى فصل الشتاء ، أو إذا قلّت كمية المطر فى سنة من السنين ، أو إذا ثارت الطبيعة ممثلة فى الفيضانات أو الأعاصير أو الزلازل أو البراكين .

والحق يقال ، أننا عندما نشكو من مثل هذه الظواهر الطبيعية إنما نتناسى مانرتع فيه من رخاء وما نستمتع به من أمان وطمأنينة وفرتهما لنا الطبيعة على الأرض ، ولا نحسب حساب تلك الأخطار والأهوال التى لا حد لها من حولنا فى أرجاء الفراغ الكونى والتى يحمينا منها الغلاف الهوائى .

وتأتى أول الأخطار التى لا مفر من حماية أنفسنا منها عند مبارحة سطح الأرض عن طريق نقص الضغط الجوى ، ثم عن طريق اختلافات درجة الحرارة بمقادير لا يمكن أن تستقيم معها الحياة بحال . فقط يهبط الضغط الجوى على سطح الأرض بسبب مرور الاضطرابات الجوية ، إلا أنه لا يتعدى فى هبوطه هذا قدر ٤٠ أو ٥٠ ملليبارا فى قلب إعصار مدمر جبار مثلا ، أما الارتفاع إلى قمة الجو فمعناه النقص السريع فى الضغط الجوى : فعلى ارتفاع نحو ٢٠ كيلو متراً نكون قد تخلصنا تحتنا من نحو ٩٨٪ من وزن الغلاف الجوى بأكمله ، وعلى علو ٢٠٠ من الكيلو مترات يصل الضغط إلى أجزاء معدودات من عشرة ملايين جزء من قيمته عند السطح ! . وهكذا يستمر التناقص فى الضغط مع ازدياد الارتفاع عن سطح الأرض حتى نصل إلى مايقرب من الفراغ التام فى النهاية . ولما كانت درجات غليان السوائل ، ومنها الدم ، تتوقف على الضغط المحيط بها أو الواقع عليها ، نجد أنه كلما انخفض الضغط قلت درجة الحرارة التى يبدأ عندها الدم فى الغليان . وعلى ارتفاع نحو ٢٠ كيلو مترا فقط من سطح البحر يغلى الدم فى درجة حرارة الجسم العادية كما ذكرنا سابقا . ويؤدى غليان الدم إلى الاغماء السريع فالموت

الذى يتم فى مدى لايتجاوز من ١٥ إلى ٣٠ ثانية .

وقلما تعلو درجة حرارة الجو على سطح الأرض فوق ٥٠ درجة مئوية ، وذلك فى بعض مناطق المدارين التى يمر بها خط الإستواء الحرارى ؛ كما أنها قلما تنخفض تحت ٧٠ درجة مئوية دون نقطة الجليد او الصفر المئوى ، وذلك فى أواسط سيبريا خلال الشتاء . ولكن على كثب منا ، فى طبقات الجو العليا ، قد تبلغ درجة الحرارة مئات الدرجات المئوية الكيناماتيكية — أى التى يعبر عنها بحركة جزئيات الوسط — وعلى سطح الشمس الخارجى (أو حدود جوها) تبلغ درجة الحرارة أكثر من ٦٠٠٠ درجة مئوية ، أما على سطح القمر الذى يبعد عن الأرض بنحو ٣٥٠ ألف كيلومتر ، وحيث لا يوجد الماء ويكاد ينعدم الهواء . ترتفع درجة الحرارة وقت الظهر إلى أكثر من درجة الغليان . أى ١٠٠ درجة مئوية . اما أثناء الليل فإنها تهبط سريعاً إلى حدود نحو ١٢٠ درجة تحت نقطة الجليد . وذلك بسبب انعدم الهواء هناك . ولمثل هذه الأسباب يعزل رواد الفضاء وأجواء الأرض العليا داخل مركبات محكمة الإغلاق . يعيشون فيها تحت ضغوط جوية مناسبة ودرجات

من الحرارة والرطوبة ملائمة (اى جو مكيف صناعياً) .

ومن أكبر الأهوال خارج نطاق جو الأرض النيازك والشهب التى تهيم فى الفضاء الكونى وتهوى بلا هوادة إلى جو الأرض العلوى . وللشهب والنيازك تأثير كبير على طبقة الأيونوسفير ، إذ تؤدى عمليات احتراقها فيها إلى تكوين بعض أكاسيد الأزوت القابلة للتحلل الكهربى « التأين » بسهولة ، كما أنها تخلف من ورائها أكداساً من نوى التكاثف فى جو الأرض العلوى ، فتتساقط تدريجياً بفعل جذب الأرض على النحو الذى سبق الإشارة اليه .

ويتساقط إلى جو الأرض فى اليوم الواحد آلاف الملايين من الشهب التى أغلبها حبات دقيقة من الرمال تجرى فى مسارات حول الشمس بسرعة تقارب سرعة الكواكب السيارة «أى من نحو ١٠ كيلومترات إلى نحو ٥٠ كيلومتراً فى الثانية الواحدة » . وعندما تقترب هذه الأتربة من الأرض تقع تحت نطاق جذبها وتبدأ الدوران فى مسارات جديدة من حول الأرض تقطع الغلاف الجوى خلال مسافات طويلة ، فتحتك بالهواء مولدة كميات من الحرارة تكفى لتبخير الأتربة . وما الشهب التى نراها

تهوى أثناء الليل كالنجوم فى كبد السماء ثم تختفى إلا مسارات تلك الغازات الملتهبة على ابعاد تتراوح بين ٨٠ و ١٠٠ كيلو متر من سطح الأرض ، مما يدل بكل جلاء ووضوح على أن الهواء المخلخل الذى يعلو تلك الطبقات يكفى لتحطيم الشهب ودرء أخطارها عنا . أما الفضاء فلا سبيل إلى تلك الحماية فيه ، وقد تخترق حبة من رمال الشهب لوحاً من الصلب بسبب سرعتها الخارقة .

وفى السنين الأخيرة تقدمت طرق رصد الشهب وتصويرها فى الظروف كافة ، واتضح أن تلك التى تنساب منها إلى جو الأرض أصلها أجزاء من المجموعة الشمسية تسبح جيباتها فى أسراب من حول الشمس ، شأنها فى ذلك شأن سائر الكواكب السيارة ، إلا أن مساراتها ضيقة ، وتزداد كمياتها كلما اقتربنا من الشمس . ورغم أن أسراب الشهب تنتشر فى الفضاء الكونى إلا أن الإحصاء الرياضى يدل على أن احتمال اعتراضها سبيل سفن الفضاء ومحطاته فى نطاق الفضاء المحيط بالأرض ما هو إلا احتمال صغير بالرغم من أنه عظيم الخطر . وقد اقترح ويل — الحجة فى مادة الشهب بجامعة هارفرد — أن تحصن المحطات والسفن بغلاف من المعدن بحيث لا تصل

جبيبات الشهب إلى الداخل إلا بعد أن تستنفد أغلب طاقتها فى اختراق هذا الغلاف ؛ أما فرصة التصادم مع النيازك الكبيرة الحجم فهى فرصة صغيرة جدا تكاد لا تذكر ، إلا أن أسفار الفضاء ستظل محفوفة باخطار النيازك مهما صغر احتمال التعرض لها .

ومن أكبر مصادر الأهوال والأخطار فى الفضاء خارج نطاق جو الأرض التعرض للأشعة الكونية التى نجهل كثيرا من خصائصها ، ويدخل تحت قائمتها كثير من نوى ذرات العناصر المختلفة التى تتحرك بسرعة تقارب سرعة الضوء ، أى ٣٠٠ألف كيلو متر فى الثانية الواحدة ؛ وتدل هذه الجسيمات على عمليات عظمى تجرى فى بعض أرجاء الكون وتؤدى إلى زيادة طاقة نوى ذرات العناصر زيادة عظمى* . وتبلغ طاقة جسيمات الأشعة الكونية فى كثير من الحالات بضع آلاف من الملايين ، بل وربما عشرات آلاف من ملايين ، الالكترون فولت . وقد اقترح الاستفادة منها فى علاج بعض الأمراض المستعصية والأورام

(*) قد يكون مصدر هذه النوى كونا خارجيا انبثقت منه وتدفقت إلى كوننا وتحت تأثير الجاذبية زادت سرعتها إلى هذه الحدود الخارقة بمضى الوقت .

الخبيثة كالسرطان بالتعرض لهـا خلال فترات قصيرة فقط ، وإلا انقلبت الآية . ويحمينا الغلاف الهوائى من أغلب مكونات هذه الأشعة ، ولا يصلح سطح الأرض منها غير النزر اليسير ، فان السنتيمتر المربع الواحد يصله فى المتوسط جسيم واحد فقط من جسيمات هذه الأشعة فى الثانية ، إذ يمتص الباقى كله فى الجو العلوى ، غير أن تصادمها مع غازات الهواء يسبب انبعاث أشعة ثانوية تؤثر على الجسم الحى بصور مختلفة .

التنبؤ الجوى

بقى بعد كل الذى قدمناه أن نعرف شيئاً عن التنبؤ الجوى . الذى هو من أهم المسائل التى عالجها العلم حديثاً ومعناه التكهن بظواهر الجو قبل حدوثها بمدة تختلف من بضع ساعات إلى عدة أيام . وقد تمتد فترة التنبؤ الجوى لعنصر من العناصر مثل المطر أو درجة الحرارة خلال موسم برمته . وقد نجح علماء الرصد الجوى فى ذلك إلى حد بعيد ، وكان لهذا النجاح قيمته العملية فى أعمال الطيران والملاحة البحرية فى السلم والحرب . وفى الزراعة والصناعة ، ثم لفائدة الجمهور ، كما كان له قيمته العلمية فى الكشف عن كثير من أسباب تقلبات الجو واستنباط قوانين طبيعية من جو الأرض نفسه ، مما لا يمكن استنباطه أو دراسته داخل المعامل كما نفعل فى دراسة أغلب المسائل الطبيعية الأخرى .

وتنحصر فكرة التنبؤ الجوى فى أبسط صورها فى أمرين : الأول معرفة ماسيكون عليه توزيع الضغط الجوى بعد فترة معينة لأن الضغط دائم التغير قرب سطح الأرض ، واختلافات الضغط

من مكان لآخر هى التى تدفع بالرياح فى حركتها ، والثانى معرفة أو تحديد خصائص كتل الهواء التى تلازم التوزيع الجديد فى طبقات الجو المختلفة ، وخاصة عند سطح الأرض . وبمعنى أوضح إذا أريد معرفة الجو فى مكان ما غداً فان أول الواجبات التكهن بما سيكون عليه توزيع الضغط الجوى فى ذلك اليوم على مساحة واسعة حول ذلك المكان ؛ لأن توزيع الضغط كما قدمنا هو المحدد الأول لازاحات كتل الهواء ، ثم يأتى من بعد هذه الخطوة تقدير خصائص الكتل الهوائيةالتى ستسود المنطقة وتحديد تفاعلاتها مع بعضها البعض على ارتفاعات مختلفة . ويجب أن نعمل دائما حساب المؤثرات الموسمية . ولهذا يلزم أن تكون لدينا فكرة واضحة عن مناخ المنطقة وأهم ظواهر الجو التى تحدث فيها فى كل موسم . ومتوسطات درجات الحرارة وعلى الأخص النهايات العظمى والدنيا . . . . فمن المعروف أن مما يساعد على نجاح التنبؤات الجوية الخبرة المحلية والمران والتتبع الدائم لظواهر الجو . ثم تطبيق علم الأجواء ونظريات التنبؤ على كل ما نشاهده من ظواهر . مع محاولة تفسير هذه الظواهر على أساس علمى صحيح . وكثيرا ما تصدق التنبؤات الجوية . كما أنها قد تخيب أحيانا ، إلا أن الناس عادة لايهتمون بالتنبؤات

الصحيحة ولا يتمدحونها فى مجالسهم . بل يمرون عليها مر الكرام فى الوقت الذى هم فيه لا ينسون التنبؤات الخاطئة ويتندرون بها فى كل مكان وزمان !

وفى بعض البلاد تلجأ طائفة من الأفراد إلى إعداد تقاويم تعطى حالة الطقس فى كل يوم على طول العام ! وتعرف هذه التقاويم باسم « التقاويم الجوية » وما هى فى الواقع إلا مجرد تخمينات لا أساس لها من الصحة . ويكاد يصل احتمال الصحة فيها إلى الصفر لولا عامل الصدفة . ورغم هذا نجد ملايين الناس فى الغرب اليـوم يعتمدون على التنبؤات الجوية المطبوعة فى (التقاويم الجوية) . كما أن لهم تقاويم مختارة يفضلونها على غيرها . والعجيب أن التقاويم التى تعطى التنبؤات الجوية لمدة عام كانت عظيمة الانتشار فى بعض بلاد الغرب . وذلك بفضل الصدف التى جعلتها تصيب أحيانا . وكانت تدر على حاسبيها مالا وفيراً جداً ! ومن القصص التى تروى عن هذه التقاويم ما حدث عام ١٨٣٧ عندما نشر رجل أمريكى يدعى مرفى تقويماً ادعى فيه أن يوم ٢٠ يناير عام ١٨٣٨ سيكون أبرد أيام السنة قاطبة . وقد حدث ذلك بالفعل ! وسريعاً ما ارتفعت أسعار تقويم مرفى الجوى فى الأسواق وراج رواجاً عظيما ونسى الناس

أنه لا يقوم إلا على مجرد التخمين والرجم بالغيب ! ! . .

ورغم أنه لم يتوصل أحد للآن إلى طريقة سليمة تماماً للتنبؤ بحالة الجو لمدة تزيد على عدة أيام . إلا أن العلماء يعتقدون أنه سيجيء اليوم الذى تتم فيه تنبؤات صائبة طويلة المدى ، ولكن ليس من المنتظر أن يكون التنبؤ بعيد المدى هذا فى صورة وصف تفصيلى لحالة الجو فى أى يوم معين مثل ١٣ مارس . بل المنتظر أن يكتفى بإعطاء بعض الأوصاف العامة السليمة لفصل برمته . مثل التنبؤ بشتاء معتدل أو صيف حار أو ربيع متأخر أو أمواج من المطر الغزير . . .

ومن الأسباب التى تحمل علماء الرصد الجوى على الاعتقاد بأنه سيجيء الوقت الذى تنجح فيه التنبؤات البعيدة المدى غزو الطبقات العليا ورصد عناصرها بالصواريخ والأقمار الصناعية فى هذا العصر . وقد صمم فون براون مدار أحد الاقمار الصناعية حول الأرض ليمر بالقطبين ويتيح بذلك فرصة ذهبية لرصد تجمعات السحب وانسياب كتل الهواء القطبية وما يعقب ذلك من تولد الاضطرابات الجوية وتوزيع الرياح والمطر حول ما يسمى (الانخفاض الجوى) ، أو الانخفاض العرضى ، الذى هو فى الواقع منطقة من الجو ينخفض الضغط فى مركزها وتدور

الرياح بشدة ملحوظة من حولها ، كما توزع السحب والأمطار فيها توزيعاً معيناً ، وتغزو هذه الانخفاضات الجوية المناطق المعتدلة طول العام ، كما تغزو البحر المتوسط ومصر فى الشتاء .

وهناك عدة نظريات حديثة لشرح تولد الانخفاض العرضى هذا ، ومن أهم هذه النظريات وأقربها للحقيقية والواقع ، وأعمها شيوعاً نظرية الجبهة القطبية ، وهذه الجبهة هى السطح الوهمى الذى يفصل الغربيات السائدة عن التيارات القطبية الشمالية الشرقية — راجع الدورة العامة للرياح — وتتكون نواة الانخفاض فى بادىء الأمر فى صورة التواء أو نتوء فى هذه الجبهة ، ثم ينمو هذا النتوء على غرار نمو الدوامات تقريبا ، فتندفع الغربيات السائدة داخل الهواء القطبى البارد فى صورة قطاع لايلبث أن ينمو مكونا منطقة الانخفاض ، وتبعاً لذلك تلتوى الجبهة الفاصلة بين الكتلتين فى صورة موجة يتميز نصفها الأمامى عن نصفها الخلفى بميزات خاصة ، ويسمى النصف الأمامى الجبهة الساخنة ، أى الجبهة التى يعتبر اقترابها أو مرورها نذيراً بالدخول فى الهواء الدافىء ، كما تسمى المؤخرة باسم الجبهة الباردة وهى التى يصحب مرورها « فى مناطق البحر المتوسط مثلا » هبوط درجة الحرارة وهبوب الرياح العاصفة ونزول المطر

فى صورة رخات متتالية . أما نقطة تلاقى الجبهتين فهى مركز الانخفاض ، وهو يتحرك عادة إلى الشرق أو الشمال الشرقى ، ما لم يقع الانخفاض تحت مؤثر عام خارجى .

وفى العادة تسير الجبهة الباردة بسرعة أكبر من سرعة سير الجبهة الساخنة بعد اكتمال نمو الانخفاض ، ولهذا يأخذ القطاع الذى تكون من دخول الغربيات السائدة كنتوء داخل الرياح القطبية الباردة فى التناقص تدريجياً من الخلف ، وتنطبق أجزاء من الجبهة الباردة على أخرى من الجبهة الساخنة ، ويزداد هذا الانطباق تدريجياً حتى يمتلىء الانخفاض ويختفى ،وكثيراً ما يصحب هذه الحالة الأخيرة هطول مطر متواصل بسبب رفع الغربيات السائدة المستمر إلى أعالى الجو .

المراجع العربية

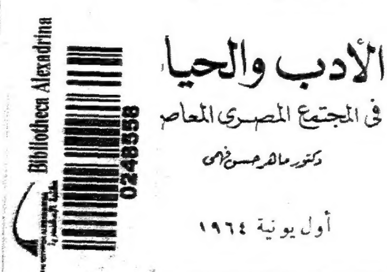
١ — الميتورولوجية	تاليف الأستاذ محمود حامد محمد
٢ — طبيعيات الجو وظواهره	« الدكتور محمد جمال الدين الفندى
٣ — الغبار الذرى (اقرأ رقم ١٨٥)	للدكتور جمال الدين الفندى
٤ — الصعود إلى المريخ (اقرأ رقم ١٧٨)	» » »
٥ — كيف ترقب السماء ؟	ترجمة الدكتور جمال الدين الفندى
٦ — فلنسأل رجل الطقس	» » » »
٧ — قوى الطبيعة فى خدمتك (اقرا رقم ١٩٦)	للدكتور جمال الدين الفندى

مطابع دار القلم بالقاهرة

المكتبة الثقافية

- أول مجموعة من نوعها تحقق اشتراكية الثقافة
- تيسر لكل قارئ أن يقيم فى بيته مكتبة جامعة تحوى جميع ألوان المعرفة بأقلام أساتذة ومتخصصين وبقرشين لكل كتاب
- تصدر مرتين كل شهر فى أوله وفى منتصفه

الكتاب القادم

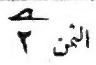


الأدب والحياة

فى المجتمع المصرى المعاصر

دكتور ماهر حسن فهمى

أول يونية ١٩٦٤



الثمن ٢ مـ

دار القلم بالقاهرة